



**Wirkung von abiotischen Faktoren auf das Wanderverhalten von Seeforellen beim Laichaufstieg  
und Laichabstieg im Fließgewässer Hasliaare**

**Masterarbeit FS 2020**

von

Greter Rafael

Masterstudiengang 2018

Abgabedatum: 15.06.2020

Studienrichtung Umwelt und natürliche Ressourcen, Vertiefung Biodiversity & Ecosystems

Fachkorrektoren:

Prof. Dr. Michael Döring, ZHAW Life Sciences und Facility Management, Grüental, 8820 Wädenswil

DDipl. Ing. Dr. Kurt Pinter, BOKU Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Straße 33/DG, 1180 Wien

Dipl. Ing. (FH) Matthias C. Meyer, Kraftwerke Oberhasli AG, Grimselstrasse 19, 3862 Innerkirchen

Dr. sc. (ETH) Steffen Schweizer, Kraftwerke Oberhasli AG, Grimselstrasse 19, 3862 Innerkirchen

Dr. Diego Tonolla, ZHAW Life Sciences und Facility Management, Grüental, 8820 Wädenswil

## Impressum

### Autor

Rafael Greter

### Titelbild

Momentaufnahme der Fischzählanlage in der Hasliaare. Bild: R. Greter

### Keywords

Seeforelle, Salmo trutta, Brown trout, Fischaufstieg, Fischabstieg, Laichwanderung, Laichmigration, Fischzählanlage, Videomonitoring, Ethohydraulik, biologische Wirkungskontrolle, Resistivity Fish Counter, Fischleitsystem, Fish weir, Fish migration

### Zitiervorschlag

Greter, R. (2020): Wirkung von abiotischen Faktoren auf das Wanderverhalten von Seeforellen beim Laichaufstieg und Laichabstieg im Fließgewässer Hasliaare. Masterarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

### Institut

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Departement Life Sciences und Facilitymanagement, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Forschungsgruppe Ökohydrologie

### Partner

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement  
Fachstelle Ökologie der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), Innertkirchen

Greppen, Juni 2020

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



Universität für Bodenkultur Wien



## Zusammenfassung

Die stark gefährdete Seeforelle (*Salmo trutta*) ist in der Schweiz die wichtigste Zielart der Wiederherstellung der Fischwanderung. Sie wandert als Jungfisch vom Fließgewässer in die Voralpenseen ab (im hier vorliegenden Fall in den Brienersee) und kann dort durch das bessere Platz- und Nahrungsangebot sowie der wärmeren Wassertemperatur stark wachsen (bis über 1 m). Sobald sie laichreif ist, wandert sie zurück zum Geburtsort ("Homing"), um dort zu laichen. Um die Wirkung verschiedener abiotischer Faktoren (Umwelteinflüsse) wie Abfluss, Wassertemperatur, Trübung, Lichtverhältnisse und Wetterverhältnisse auf das Wanderverhalten der Seeforellen besser zu untersuchen, wurden die Seeforellen während der Laichwanderung in der Restwasserstrecke Hasliaare mit einer Fischzählanlage gezählt und die abiotischen Faktoren dazu erfasst. Die Fischzählanlage bestand aus einer Zählkammer (Resistivity Fish Counter inkl. mehreren Überwachungskameras) und einem Fischleitsystem (Seeforellenweiche).

Vom 15.09.19 - 30.12.19 wurden 269 Seeforellenbewegungen registriert. 104 Seeforellen wurden individuell genau durch Punktmusterabgleich bestimmt. 66.3 % der Tiere waren Rogner und 33.7 % Milchner. Wassertemperaturen von unter 4.9 °C unterbrachen bzw. hemmten den Laichaufstieg in der Restwasserstrecke der Hasliaare. Beim Laichabstieg war die Aktivität bei tiefem Luftdruck erhöht und wenn erhöhte Abflüsse auftraten, wurden diese von Milchnern sowie grossen Rognern ( $\geq 60$  cm) genutzt, um abzustiegen. Die Aufenthaltsdauer im Laichgebiet war bei Milchner, durch den früheren Aufstieg und die längere Suchphase, deutlich ausgeprägter. Zudem fand die gesamte Laichwanderung vorzugsweise bei Dunkelheit statt. Die Ergebnisse tragen wesentlich dazu bei, die Laichwanderung der Seeforelle besser zu verstehen und können für gewässerökologische Planungen abgeleitet werden.

## Abstract

In Switzerland, the highly endangered lake running brown trout (*Salmo trutta*) is the most important target species for restoring fish migration. As a young fish, it migrates from rivers to pre-alpine lakes (in this case to Lake Brienz) where it can grow very large (up to over 1 m) due to more available space, food and the generally warmer water temperature. As soon as it is fertile, it migrates back to the place of birth ("homing") to spawn. In order to better understand the effect of various abiotic factors (environmental influences) such as discharge, water temperature, turbidity, light and weather conditions on the migration behaviour of the lake running brown trout, the trouts were counted during spawning migration in the residual flow section of the Hasliaare. Therefore, a fish counting system was installed and abiotic factors were recorded during the measurement period. The fish counting system consisted of a counting chamber (resistivity fish counter including several monitoring cameras) and a fish weir (Seeforellenweiche).

269 lake running brown trout movements were recorded between 15.09.19 - 30.12.19. 104 trouts were determined individually by point pattern comparison. 66.3 % were identified as females and 33.7 % as males. Water temperatures below 4.9 °C interrupted or inhibited upstream spawning migration in the residual flow section of the Hasliaare. During downstream migration, activity was increased at low barometric pressure and when increased flows occurred males and large females ( $\geq 60$  cm) used them for downstream migration. The length of stay in the spawning area was much more distinctive in males, due to the earlier upstream migration and the longer search phase. Furthermore, the entire spawning migration preferably takes place in darkness. The results contribute considerably to a better understanding of the spawning migration of lake running brown trout and can be derived for aquatic ecological planning.

## Dank

Bei folgenden Personen möchte ich mich für die grosse Unterstützung meiner Masterarbeit bedanken:

- Michael Döring und Kurt Pinter meinen beiden Korrektoren, für die fachlichen Inputs und Rückmeldungen, die Betreuung und die spannenden Diskussionen bei Besuchen, Telefon- oder Videokonferenzen,
- Steffen Schweizer, Leiter Fachstelle Ökologie bei der KWO, welcher die Zusammenarbeit seitens KWO ermöglichte,
- Günther Unfer, des Instituts für Hydrobiologie und Gewässermanagement der BOKU Wien, welcher die Zusammenarbeit seitens BOKU ermöglichte,
- Erwin Lautsch, für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten in der intensiven und spannenden Woche und einigen Skype-Konferenzen,
- Stephan Kyek und Angela Caro Ceballos den Praktikanten der KWO, welche mich bei den Feldaufnahmen draussen unterstützten und mit zusätzlichen Auswertungen wertvolle Vergleiche zu anderen oder früheren Erhebungen möglich machten,
- dem restlichen Team der Fachstelle Ökologie der KWO, für die Unterstützung bei den Feldaufnahmen über die Feiertage und dem Einspringen bei Notfällen,
- Kevin Wyss, welcher seine Masterarbeit ebenfalls im Haslital durchführte, dass ich seine Abflussmessungen von der Hasliaare übernehmen konnte,
- dem Fischereiinspektorat, insbesondere Andreas Hertig für die Überprüfung des Mehrfachlaichers mit der ID009 und Martin Flück für das Entgegenkommen beim Abgleich der Seeforellen des Laichfischfangs,
- meiner Familie und meiner Freundin, für den Rückhalt während der intensiven Zeit,
- der SGHL für die finanzielle Unterstützung

und selbstverständlich

- Matthias Meyer, ihm gilt ein besonderer Dank. Er führte die Zusammenarbeit von KWO, BOKU und ZHAW herbei und plante die gesamte Masterarbeit im Seeforellenmonitoring Hasliaare 2019 der KWO ein. Unzählige Stunden unterstützte er mich bei den Feldaufnahmen, übernahm Wochenend- sowie Nachtschichten und war stets erreichbar. Zudem gab er mir viele Tipps und Literaturhinweise und unterstützte mich über den gesamten Verlauf bis zur Positionierung der Masterarbeit.



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Lebenszyklus Seeforelle .....	1
1.2	Forschungsstand Laichmigration Seeforelle .....	2
1.3	Forschungsfragen und Hypothesen .....	5
2	Methodik.....	7
2.1	Untersuchungsgebiet .....	7
2.2	Datenaufnahme.....	9
2.2.1	Erfassung der Seeforellen.....	10
2.2.2	Erfassung abiotische Faktoren.....	11
2.3	Datenanalyse .....	12
2.3.1	Struktur Seeforellenpopulation .....	12
2.3.2	Methodik der statischen Datenanalyse.....	13
2.3.3	Überprüfung der Erfassungsgenauigkeit.....	15
3	Resultate .....	16
3.1	Populationsstruktur der Seeforellen .....	16
3.2	Wirkung der abiotischen Faktoren.....	20
3.2.1	Zusätzliche Auswertungen .....	25
3.2.2	Unterscheidung nach Geschlecht .....	26
3.2.3	Unterscheidung nach Körperlänge.....	27
4	Diskussion.....	28
4.1	Seeforellenpopulation .....	28
4.2	Verhalten der Seeforellen.....	29
4.3	Methodenüberprüfung.....	34
4.4	Wichtige Anmerkungen .....	35
5	Fazit .....	36
6	Ausblick.....	36
7	Literaturverzeichnis .....	37
8	Abbildungsverzeichnis.....	45
9	Tabellenverzeichnis.....	47
10	Formelverzeichnis .....	48
	Anhang .....	49

# 1 Einleitung

Die Forelle (*Salmo trutta*) wanderte ursprünglich vom Atlantik über den Rhein und die Aare bis ins Untersuchungsgebiet der Hasliaare. Die heimische Seeforelle (nach Bundesamt für Umwelt (2019a) *Salmo trutta* (*f. lacustris*) – Forelle mit Seelebensform) ist ein Ökotyp der Forelle der atlantischen Linie (Rey et al. 2014) und gehört laut der Roten Liste der gefährdeten Arten der Schweiz für Fische und Rundmäuler, des Bundesamtes für Umwelt, zur Kategorie «stark gefährdet» (Kirchhofer et al. 2007). Im Bericht «Erhaltung und Förderung der Wanderfische in der Schweiz» ist sie als wichtigste Zielart definiert und gilt bei der Wiederherstellung der Fischwanderung in der Hasliaare als prioritäre Art (Wagner et al. 2014; Dönni et al. 2017). Um die Bedeutung dieser Art hervorzuheben, wählte der Schweizerische Fischereiverband die Forelle zum Fisch des Jahres 2020 (SFV-FSP 2020).

Die Gesetzliche Grundlage für diese Untersuchungen schreibt das 2011 revidierte Gewässerschutzgesetz, mit der Renaturierung der Gewässer und der Definition der Mindestrestwassermengen, vor (Gewässerschutzgesetz 1991). Die Mindestrestwassermengen sollen unter anderem die Fischwanderung in Restwasserstrecken gewährleisten (Bundesamt für Umwelt 2019b). Zur Renaturierung der Gewässer, gehört die Sanierung Wasserkraft mit der Wiederherstellung der Fischwanderung (Bundesamt für Umwelt 2018). Die Wiederherstellung der Fischwanderung verfolgt das Ziel, die Fliessgewässer für diadrome und potamodrome Arten wieder durchgängig zu machen. Das heisst Barrieren, Kraftwerksanlagen oder künstliche Abstürze zu entfernen oder Fischauf- bzw. abstiegsanlagen zu erstellen.

## 1.1 Lebenszyklus Seeforelle

Der Ökotyp Seeforelle emergiert als Larve im Frühjahr (je nach Wassertemperatur früher oder später) aus dem Kiesbett des Fliessgewässers (Elliott 1994) und wandert, im Gegensatz zur Bachforelle, als Jungfisch (Seeforellen-Smolt) aus dem Fliessgewässer in den See ab (Rey et al. 2014). Da die Forellenlarven, die aus der natürlichen Reproduktion stammen, höhere Überlebensraten als eingesetzte Brütlinge (von Brutanstalt) aufweisen, ist die natürliche Verlaichung, für den Erhalt einer bestehenden Population, grundlegend (Pinter et al. 2017). Im See wächst sie durch das bessere Nahrungsangebot, das räuberische Verhalten, die wärmeren Wassertemperaturen und die geringeren Forellendichten schneller als im Fliessgewässer (Ruhlé et al. 2005; Unfer et al. 2019). Wird die Seeforelle Laichreif wandert sie wieder Flussaufwärts um dort in, nach Jungwirth et al. (2003) optimalem Substrat (Korngrösse: 10-70 mm, Anteil Feinsedimente <1 mm: 6-10 %) erfolgreich abzulaichen (Ruhlé et al. 2005). Dabei ist die Rückwanderung zu ihren Geburtsgewässern bei den Forellen sehr ausgeprägt, dieses Verhalten wird als «Homing» bezeichnet (Lucas et al 2001; Östergren et al. 2012). Buttiker & Matthey (1986) haben bei Seeforellen im Genfersee und dessen Zuflüssen «Homing-Raten» von 96.8 % nachgewiesen, Rippmann (1987) im Vierwaldstättersee über 90 %. Die Laichwanderung kann in Aufstiegsphase, Laichphase und Abstiegsphase eingeteilt werden (Rustadbakken et al. 2004).



Abbildung 1: Lebenszyklus von Bach- und Seeforelle. Oben in der Mitte: Schlupf und Emergenz der Brütlinge. Oben rechts: Jungfisch im Fließgewässer. Unten rechts: Abwanderung als Jungfisch in den nächsten Voralpensee (Seeforelle) oder Verbleiben im Fließgewässer (Bachforelle). Unten links: Aufstieg zurück ins Fließgewässer (Laichwanderung). Und oben links: Laichen am Geburtsort (Homing) im Fließgewässer (Meyer 2019).

## 1.2 Forschungsstand Laichmigration Seeforelle

Abiotische und biotische Reize sowie die Wechselwirkung von Genetik, Morphologie, Kognition, Physiologie und dessen Lebensgeschichte beeinflussen den inneren Zustand eines Fisches. Das individuelle Verhalten und somit auch das **Migrationsverhalten** kann den inneren Zustand und dieser wiederum das Migrationsverhalten beeinflussen (Lennox et al. 2019). In der Literatur wird das Verhalten der Seeforelle während der Laichwanderung in Aufstiegsphase, Suchphase, Haltephase (Ablaichen) und Abstiegsphase eingeteilt (Finstad et al. 2005). Caviezel (2006) beobachtete bei den Seeforellen im Vorderrhein relativ zügige Aufstiegsphasen, ausgeprägte Suchphasen bei den Milchnern sowie kaum Suchphasen bei den Rognern, die Haltephasen waren gut zu erkennen und die darauffolgenden Abstiege meist sehr schnell, wobei einzelne Individuen im Fließgewässer verharren.

Bei der Aufstiegsphase gibt es in der Literatur unterschiedliche Beobachtungen, beispielsweise ob sich die Milchner oder die Rogner eher früher im Laichgebiet befinden (Rippmann 1987; Jensen & Aass 1995; Dahl et al. 2004; Jonsson et al. 2018). Rippmann (1987) bezog zudem die Grösse der Tiere mit ein und beschrieb in seiner Arbeit, dass grössere Seeforellen eher früh in der Laichsaison und kleinere eher spät aufsteigen. Östergren et al. (2011) konnte bei Meerforellen nachweisen, dass die frühen Aufsteiger auch weiter in die Zuflüsse aufsteigen als die später in der Laichsaison auf migrierten.

Bei der Suchphase und der Aufenthaltsdauer im Laichgebiet zeigt die Literatur, dass die Milchner eher länger im Laichgebiet sind und aktiver suchen als die Rogner (Aarestrup & Jepsen 1998; Rustadbakken et al. 2004; Meyer et al. 2019).

Untersuchungen zur Aktivität der adulten Seeforellen beim Fischabstieg konnten nachweisen, dass die Seeforellen vorzugsweise oberflächennah absteigen (Mendez et al. 2017), nach Hefti (2012) steigen die meisten Fische passiv ab, mit der Schwanzflosse flussabwärts gerichtet.

Umweltfaktoren können die Fischeaufwanderung auslösen, aber auch hemmen (Adam et al. 2014). Die **Wassertemperatur** beeinflusst den Stoffwechsel und somit die Aktivität von Salmoniden (Jonsson & Jonsson 2009). Dies wirkt ebenfalls auf die Reifung der Gonaden (Zeitpunkt der Laichreife) und hat Auswirkungen auf den Antritt zur Laichwanderung (Rey & Hesselschwerdt 2017). Die Temperaturlimits für die Migration flussaufwärts liegen bei *Salmo trutta* nach Crisp (2000) unten bei 3 °C und oben bei 20 °C. Rustadbakken et al. (2004) konnte bei Seeforellen nachweisen, dass schwierige Passagen bei Wassertemperaturen <6 °C limitierend waren. Dies konnte auch bei Lachsen (*Salmo salar*) nachgewiesen werden, wobei hohe Temperaturen ebenfalls zu Unterbrechungen der Laichwanderung führen können (Jonsson & Jonsson 2009). Untersuchungen vom Bodensee zeigten, dass die Seeforellen nur bei Wassertemperaturen zwischen 6-8 °C weit in die Zuflüsse aufstiegen (Schulz 1994). Oder nach Zitat von Unfer et al (2019): "*am wohlsten fühlen sie (die Seeforellen) sich bei Temperaturen von rund 10 bis 15 °C*". Jensen & Aass (1995) wies eine Korrelation zwischen dem Aufstieg mit der Wassertemperatur und dem Abfluss nach und auch García-Vega (2017) beschreibt, dass Forellen empfindlich auf Wassertemperatur- und Abflussänderungen reagieren.

Jonsson & Jonsson (2009) beschreiben, dass der **Abfluss** die Zugänglichkeit der Flüsse für zurückkehrende adulte Salmoniden und die Geschwindigkeit der stromaufwärts und stromabwärts verlaufenden Wanderung beeinflusst und extreme Abfluss- und Temperaturänderungen die Aktivität und das Überleben beeinträchtigen können. Niedrige Abflüsse können für die Fischwanderung limitierend sein und als Barriere wirken (Garbe et al. 2016) und dazu beitragen, dass zusammenhängende Lebensräume (longitudinale Vernetzung) unterbrochen werden (Denic & Geist 2010). Beim Laichabstieg konnte beobachtet werden, dass die Seeforellen erhöhte Abflüsse nutzen, um Energie zu sparen (Mendez et al. 2017; Rey & Hesselschwerdt 2017). Mendez (2007) konnte beobachten, dass die Seeforellen auf Veränderungen der abiotischen Umweltfaktoren reagieren. Zum Beispiel legten die Seeforellen am Wochenende längere Wanderdistanzen zurück, da dort weniger Schwall/Sunk – Abfluss herrschte. Ebenfalls beobachtete Mendez (2007), dass nach Hochwasserereignissen einige Seeforellen stationär blieben und erst nach 2-3 Wochen weiter wanderten, dies könnte auf die **Trübung** des Wassers zurückzuführen sein. Da er die Trübung nicht gemessen hat empfiehlt er dies bei weiterführenden Arbeiten zu tun. Bjornn & Reiser (1991) beschreibt, dass Salmoniden bei Feststoffkonzentrationen über 4,000 mg/L nicht mehr wandern.

Unerlässlich für die Seeforelle ist gemäss Gewässerschutzgesetz nicht nur der Abfluss direkt, sondern auch die **Wassertiefe** (Gewässerschutzgesetz 1991). In der Schweiz gibt der vom Bundesamt für Umwelt beauftragte Bericht «Mindestwassertiefen für See- und Bachforellen - Biologische Grundlagen und Empfehlungen» Richtwerte zu Wassertiefen in Restwasserstrecken, je nach Körperhöhe der Seeforellen, an (Dönni et al. 2016). Denn Niedrigwasserstände können Auswirkungen auf die Abundanz und Grösse der in die Fliessgewässer einsteigenden Forellen haben (Jonsson et al. 2018). Dabei ist der

Energieaufwand (Schwimmgeschwindigkeit) den die Seeforellen brauchen, um verschiedene Wassertiefen zu überqueren, ebenfalls entscheidend (Adam & Lehmann 2011). Deshalb sind nach Bjornn & Reiser (1991) und Macura et al. (2011) genügend Pools mit ausreichender Wassertiefe in den Fliessgewässern, für Erholungsphasen, von grosser Bedeutung.

Weitere abiotische Faktoren, welche die Laichmigration der Forellen beeinflussen können, sind die **Wetterbedingungen** und die **Tageszeit**, welche Einfluss auf die Lichtverhältnisse haben (Lucas et al. 2001). Rippmann (1987) stellte fest, dass der Aufstieg abhängig vom Wetter und dem Abfluss ist, dies konnte Hertig (2019) ebenfalls beobachten, bei seinen Untersuchungen wanderten die Seeforellen nur bei erhöhten Abflüssen und Regen. Bei den Untersuchungen von Rustadbakken et al. (2004) waren bei niedrigen Abflüssen die Forellen eher nachtaktiv, als bei höheren Abflüssen. Bei den Untersuchungen von Mendez (2007) und Crisp (2000) wanderten die beobachteten Forellen ebenfalls vorzugsweise in der Nacht. Bei den Lachsen hingegen wurde beobachtet, dass sie Tageslicht benötigen, um schwierige Hindernisse zu überwinden (Kennedy et al. 2013). Beobachtungen von Schulz (1994) zeigten bei Seeforellen eine höhere Schwimmaktivität am Tag als in der Nacht. Beim Fischabstieg wurden mehr Bewegungen in der Nacht registriert sowie bei erhöhtem Abfluss und Vollmond (Mendez et al. 2017).

Slavík et al. (2012) integrierte die **Mondphasen** ebenfalls in seine Untersuchung und beobachtete, dass die Forellen einer lunaren Rhythmik folgten und wies die längsten zurückgelegten Distanzen während der Laichwanderung bei Neumond und die Geringsten bei Vollmond nach. Er vermutet dies könnte mit der Prädation in Zusammenhang stehen, denn die Forellen sind bei weniger Licht weniger aggressiv und somit kommt es zu weniger Interaktionen zwischen den territorial im Fluss vorhandenen und den durchwandernden Forellen (Slavík et al. 2012).

Um die Migrationsbewegungen zu vollziehen, müssen laut Lin et al. (2017) Faktoren wie zusammenhängende Lebensräume und angepasste Bewirtschaftungsmassnahmen, für wandernde Arten, gegeben sein. Die Fragmentation von Lebensräumen und / oder Habitaten kann Auswirkungen auf die genetische Vielfalt und das individuelle Verhalten von Salmoniden haben (Van Leeuwen et al. 2017) oder im schlimmsten Fall sogar dazu führen, dass die Laichgebiete nicht mehr erreicht werden und die Populationen verschwinden (Kirchhofer et al. 2007). Einbezogen werden muss auch der Einfluss des Klimawandels auf die abiotischen Faktoren und den aquatischen Lebensraum (Jonsson & Jonsson 2009; Muñoz-Mas et al. 2016; Lennox et al. 2018), wie beispielsweise die höhere Wahrscheinlichkeit von Winterhochwassern (Rey et al. 2014).

Gemäss Gafner & Meyer (2018) liegen die Laichareale der Seeforelle in der Hasliaare hauptsächlich oberhalb der Schwallstrecke in Innertkirchen in der Restwasserstrecke und die Hauptaktivität in der Laichzeit dauert laut Haas & Peter (2009) von Ende Oktober bis November. Die Anzahl Seeforellenaufsteiger oberhalb der Aareschlucht (Hasliaare, Gadmerwasser, Urbachwasser und Wychelbächli) liegt nach Erhebungen von Meyer et al. (2017) zwischen 159 bis 215 Individuen.

### 1.3 Forschungsfragen und Hypothesen

Der Forschungsstand hat gezeigt, dass die beschriebenen abiotischen Faktoren auf das Wanderverhalten der Seeforellen wirken können, wie beispielsweise Unterschiede hinsichtlich Tag- und Nachtaktivität zeigen. Andere Faktoren hingegen sind noch sehr wenig erforscht, wie etwa der Einfluss des Mondes. Haas & Peter (2009) schreiben es seien detaillierte Untersuchungen zum Lebenszyklus (Laichzeit, Laichwanderung inkl. Abwanderung) der Seeforelle nötig, wie folgendes Zitat von ihnen beispielhaft zeigt: *"Über den Zeitpunkt des Abstiegs der Laichtiere weiss man nichts Genaues"*. Lennox et al. (2019) zeigen den Forschungsbedarf, in dem sie in einem Review-Paper die 100 dringendsten Fragen zur Fischmigration aufgelistet haben. Darunter sind Fragen wie, «welche abiotischen Umweltfaktoren beeinflussen das Verhalten von Wanderfischen und wie wirken sie zusammen» (Lennox et al. 2019). Genau dieses Zusammenspiel und welche Rückschlüsse auf die Wanderaktivität (Verhalten) der Seeforellen möglich sind, soll in dieser Studie, an der adulten Seeforellenpopulation in der Restwasserstrecke Hasliaare (Teillebensraum Fliessgewässer), näher erforscht werden. Da die gewählten abiotischen Faktoren wahrscheinlich je nach Höhenlage, Fischart oder Region anders wirken, sollen mit diesen Untersuchungen spezifisch zur Hasliaare neue Erkenntnisse gewonnen werden. Obwohl die Seeforelle in der Schweiz eine wichtige Zielart ist, ist der aktuelle Forschungsstand zur Seeforellenlaichmigration nur mässig. Aus hergeleiteter Grundlage wurden folgende Fragestellungen und Hypothesen definiert (die einzelnen Variablen sind in Tabelle 1 genauer erklärt):

#### Fragestellungen (F):

- F1: Welche Strukturen (Anzahl, Geschlechterverhältnis, Körpergrössen, Verletzungen) weist die adulte Seeforellenpopulation, welche die Restwasserstrecke Hasliaare als Reproduktionsraum nutzen, auf und wie gestaltet sich die Dauer und Intensität der Laichwanderung?

#### Hypothesen (H):

- H1: Die abiotischen Faktoren Wassertemperatur, Abfluss (hydraulische Bedingungen), Trübung, Niederschlagsmenge, Sonnenscheindauer, Globalstrahlung, Luftdruck, Lufttemperatur, Tageszeit und Mondphase beeinflussen
- a) den Laich**auf**stieg der Seeforellen (Anzahl Up-Bewegungen),
  - b) den Laich**ab**stieg der Seeforellen (Anzahl Down-Bewegungen)
- in der Restwasserstrecke Hasliaare einzeln oder in Kombination und unterscheiden sich signifikant gegenüber einem zufälligen Referenzdatensatz während der Laichsaison 2019.
- H2: Die in H1 aufgezählten abiotischen Faktoren beeinflussen Milchner (männliche Seeforellen) weniger stark als Rogner (weibliche Seeforellen).
- H3: Die in H1 aufgezählten abiotischen Faktoren beeinflussen grössere Seeforellen ( $\geq 60$  cm) stärker als kleinere Seeforellen ( $< 60$  cm).
- H4: Milchner bleiben signifikant länger im Laichgebiet (der Restwasserstrecke Hasliaare) als Rogner.



Aus den vorher definierten Forschungsfragen und Hypothesen wurden folgende Ziele für diese ethohydraulische Untersuchung abgeleitet. Zuerst soll die Wirkung der gemessenen abiotischen Faktoren auf die Laichmigration (Auf- und Abstieg) in der Restwasserstrecke der Hasliaare besser abgeschätzt werden können. Anschliessend sollen daraus Rückschlüsse und evtl. neue Erkenntnisse zum generellen Verhalten der Seeforellen bei der Laichmigration gezogen werden. Ein weiteres Ziel ist es, die Anzahl der adulten Seeforellen, die die Restwasserstrecke Hasliaare als Reproduktionsraum nutzen, zuverlässiger abschätzen zu können. Zudem soll eine Datengrundlage für weitere Arbeiten und umfangreichere Folgestudien, wie beispielsweise eine ähnliche Untersuchung in einem weniger stark anthropogen beeinflussten Gewässer, geschaffen werden. Des Weiteren soll die Arbeit zum besseren Verständnis der Laichwanderung der Seeforellen sowie zur Wiederherstellung der Fischwanderung beitragen.

## 2 Methodik

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet lag in der Restwasserstrecke Hasliaare in der Gemeinde Innertkirchen (625 m.ü.M.) im Berner Oberland (Abbildung 2). Die Fischzählanlage befand sich ungefähr 420 m oberhalb der Wasserrückgabe der Kraftwerke Oberhasli AG (Abbildung 4; Abbildung 5).

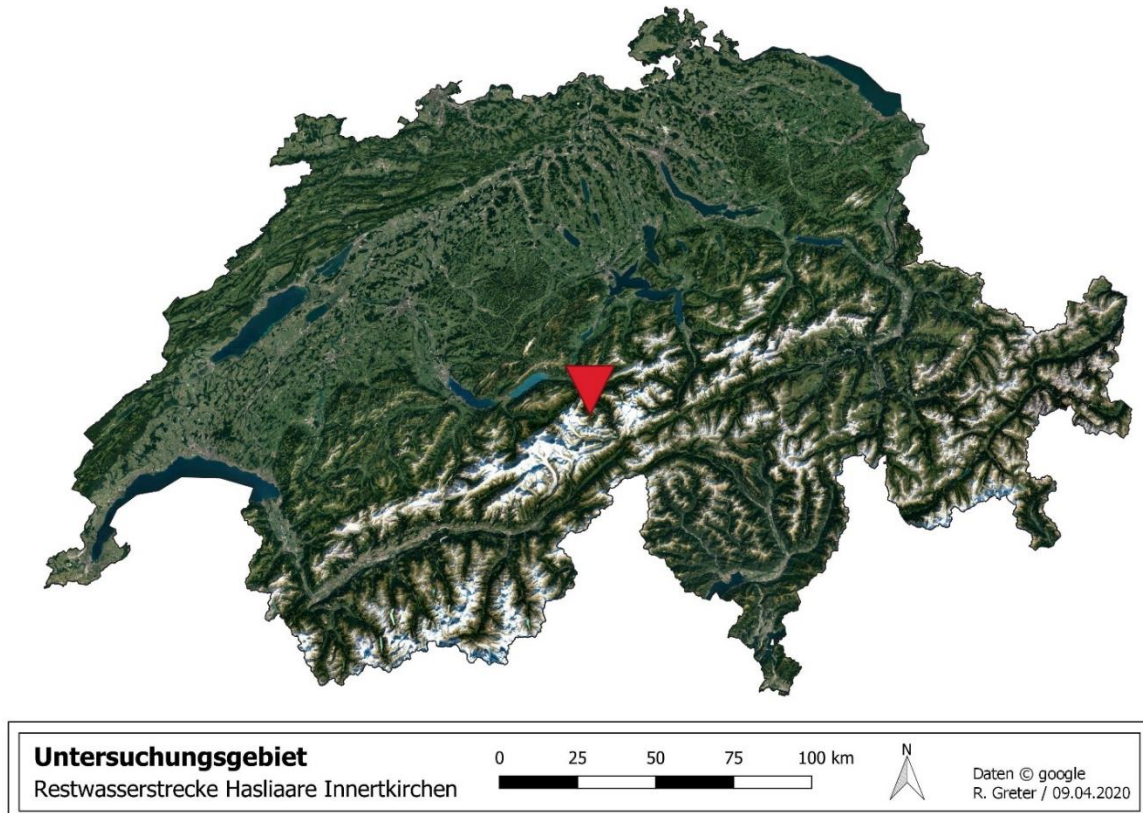


Abbildung 2: Kartographische Lage des Untersuchungsstandort.

Die Restwasserstrecke der Hasliaare (inkl. Urbachwasser) führte in der Laichzeit der Seeforelle (September 2019 bis Januar 2020) durchschnittlich 3700 l/s Wasser (Wyss 2020). Der Untersuchungszeitraum dauerte vom 13.09.2019 bis zum 13.01.2020. Die Abflussmenge  $Q_{347}$  der Restwasserstrecke Hasliaare (inkl. Urbachwasser, ohne Gadmerwasser) beträgt nach dem hydrologischen Atlas der Schweiz 1800 l/s (Aschwanden & Kan 1999). Der natürliche Niedrigwasserabfluss  $Q_{347}$  liegt nach Schweizer et al. 2016 bei 2.4 m<sup>3</sup>/s, welcher auf Abflussdaten aus den Jahren 1913 bis 1921, vor dem Bau der ersten Kraftwerksanlagen, basiert. Die Strecke hat ein inneralpines Einzugsgebiet von 50 km<sup>2</sup>, welches nicht von der Wasserkraft gefasst wird (Angaben von Kraftwerke Oberhasli AG). Dies bedeutet, dass das Abflussregime dynamisch auf Wetterwechsel bzw. Niederschlag reagiert und auch erhöhte Abflüsse während der Untersuchungsperiode auftraten. Allgemein ist das Abflussregime der Hasliaare von der Wasserkraftnutzung geprägt und somit anthropogen beeinflusst. Abbildung 3 zeigt die Abflussganglinie in der Restwasserstrecke Hasliaare im Zeitraum vom 09.04.2019 bis 21.03.2020. Damit die Seeforellen vom Brienzersee ins Untersuchungsgebiet zur Fischzählanlage gelangen, mussten sie zuerst die 15 km lange Schwallstrecke bis zur Wasserrückgabe durchqueren (Schweizer et al. 2008).

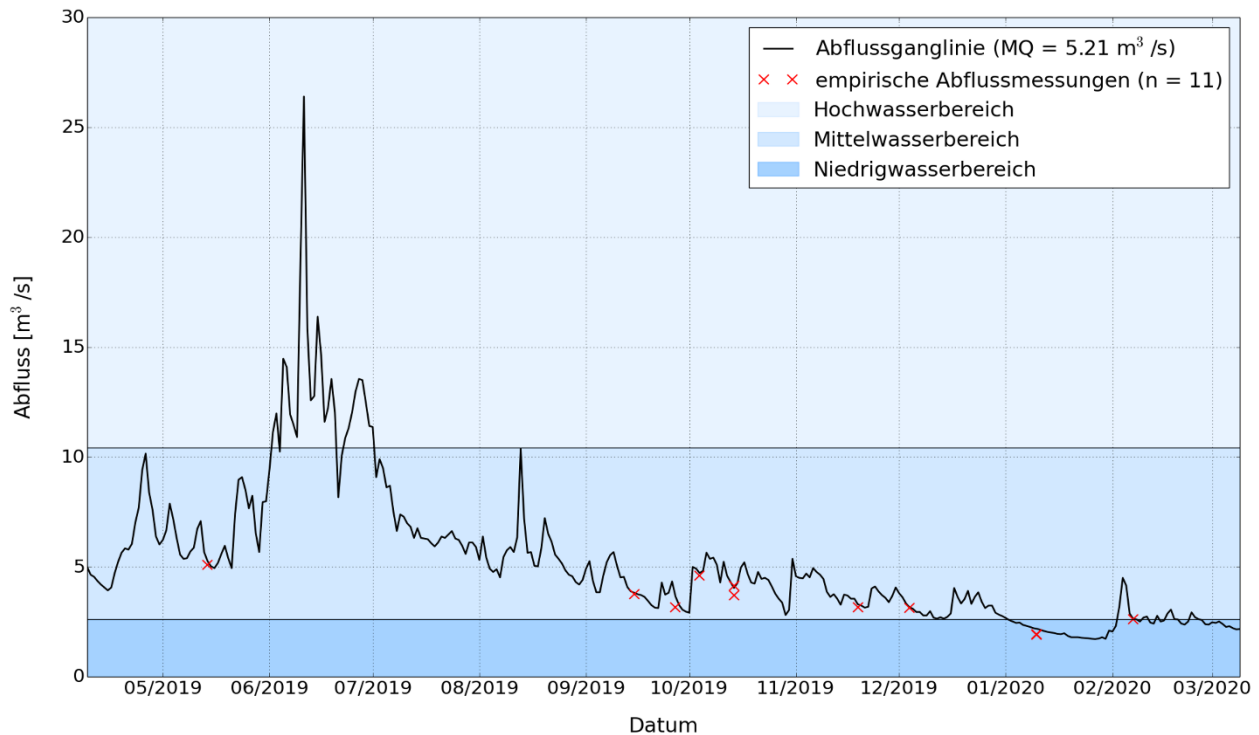


Abbildung 3: Hydrograph der Restwasserstrecke Hasliaare im Zeitraum vom 09.04.2019 bis 21.03.2020 (Wyss 2020).

Der Abfluss in der Schwallstrecke schwankt nach Schweizer et al. (2013) zwischen  $46.4 \text{ m}^3/\text{s}$  (Schwallabfluss) und  $3.1 \text{ m}^3/\text{s}$  (Sunkabfluss; Werte 95 %-Perzentil), wobei der mittlere Abfluss 2019 der Station Brienzwiler bei  $38.8 \text{ m}^3/\text{s}$  lag (Bundesamt für Umwelt 2020a). Die Wassertemperatur bei der Station Brienzwiler in der Schwallstrecke lag während der Laichsaison 2019 zwischen  $2.7 - 13.3 \text{ }^\circ\text{C}$ , die Jahresmitteltemperatur 2019 betrug  $6.3 \text{ }^\circ\text{C}$ , die Jahreshöchsttemperatur  $13.3 \text{ }^\circ\text{C}$  und die minimale Jahrestemperatur  $2.0 \text{ }^\circ\text{C}$  (Bundesamt für Umwelt 2020b). Die Schwallstrecke ist zudem kanalisiert und ökomorphologisch stark beeinträchtigt. Das gesamte Einzugsgebiet (inkl. Wasserkraftnutzung) der Hasliaare ist  $450 \text{ km}^2$  gross, der Jahresniederschlag in diesem Gebiet liegt bei  $2000 \text{ mm}$  und das natürliche Abflussregime ist glazial geprägt.

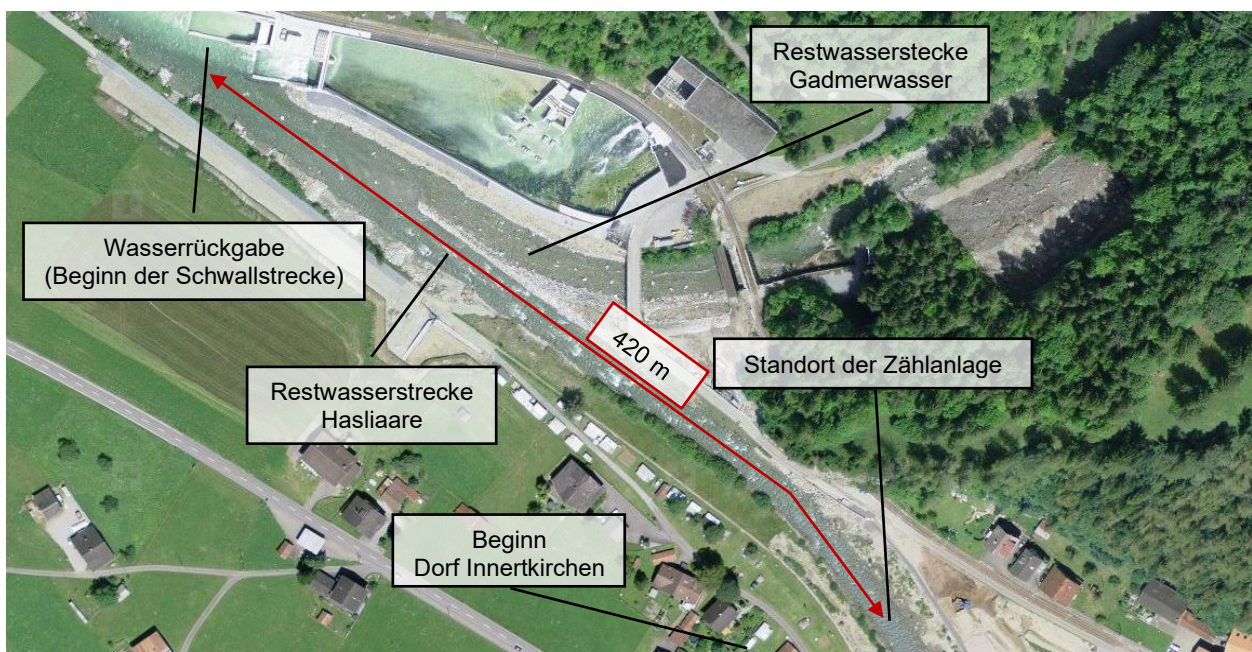


Abbildung 4: Kartographische Darstellung des Untersuchungsgebiets in Innerkirchen (Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie 2019).



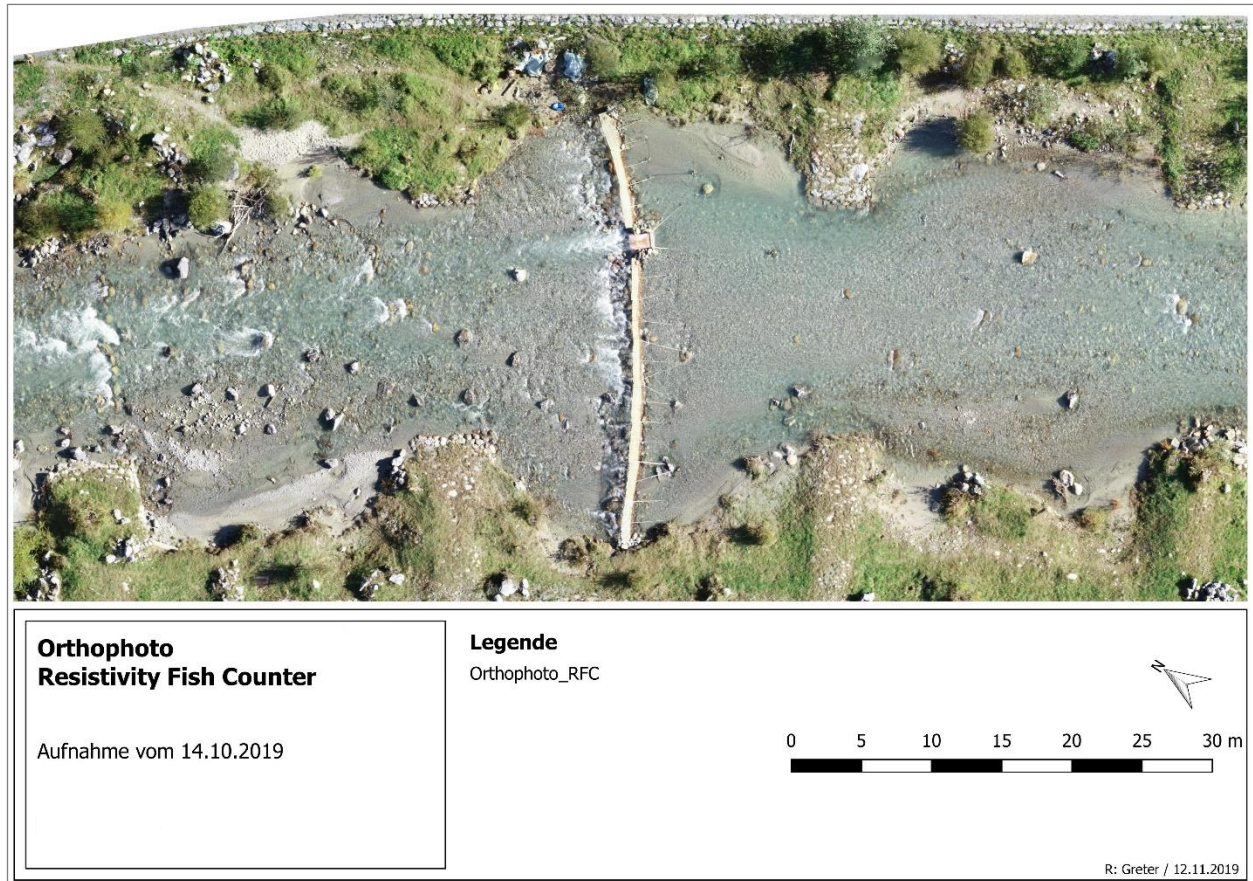


Abbildung 5: Situationsplan des Erfassungsstandorts; Orthophoto der Fischzählanlage (Resistivity Fish Counter; RFC) in der Restwasserstrecke Hasliaare.

## 2.2 Datenaufnahme

Für die Datenaufnahme wurde eine Methode benötigt, die die Wanderung (Auf- und Abstiegsphase) der vom Brienersee aufsteigenden Seeforellen im freien Fliessgewässer möglichst geringfügig beeinflusst und trotzdem eine permanent hohe Erfassungsgenauigkeit generiert sowie ermöglicht die Individuen untereinander zu unterscheiden. Grundlage dafür bat eine altbewährte Methode, welche für die Erfassung des Lachsaufstiegs in Schottland entwickelt wurde, nämlich das Messen der Leitfähigkeitsveränderung des Wassers anhand des elektrischen Widerstands (Lethlean 1953; Dunkley & Sear 1982).

Anhand von zwei vorhergegangenen Seeforellenzählungen mit Resistivity Fish Countern in den Jahren 2016 und 2018 (Gafner & Meyer 2018; Meyer et al. 2019) sowie einer eigenen Literaturrecherche zu Resistivity Fish Countern (Greter 2019), konnte die Methode so weiterentwickelt werden, dass eine individuengenaue Zählung möglich war (genaue Beschreibung der Methode Kapitel: 2.2.1 Erfassung der Seeforellen). Für die gewählte Untersuchungsmethode war eine Fischereirechtliche Bewilligung nach Art. 8 – 10 und 13 des Bundesgesetzes über Fischerei (BGF 1991) vom Fischereiinspektorat des Kantons Bern erteilt worden, ohne dass ein Tierversuchsgesuch gemäss Art. 139 Tierschutzverordnung (TSchV 2008) durch den Veterinärsdienst des Kantons geprüft und bewilligt werden musste.

### 2.2.1 Erfassung der Seeforellen

Die migrierenden Seeforellen wurden mit dem Logie Fish Counter 2100C von Aquantic, einem Resistivity Fish Counter (RFC), erfasst. RFC sind Widerstandszähler und messen den Volumenwiderstand des Wassers anhand von drei Elektroden (Braun et al. 2016). Der gemessene Widerstand ist eine Funktion der Wasserleitfähigkeit. Schwimmt ein Fisch über die Elektroden verändert er den Widerstand, da er deutlich weniger widerstandsfähig und somit leitfähiger ist als das Wasser (Coyle & Reed 2012). Durch die Abfolge der Signale der drei Elektroden kann der RFC die Richtung der Bewegung erkennen und abspeichern (Braun et al. 2016). Ist die Bewegung klar, speichert der RFC bei einer Aufwärtsbewegung ein «Up», bei einer Abwärtsbewegung ein «Down» und wenn nicht, wird ein «Event» abgespeichert (Coyle & Reed 2012). Events können entstehen, wenn ein Fisch mit den Elektroden interagiert, auf dem RFC stehen bleibt, nur einzelne Elektroden überschwimmt oder durch ein elektrisches Rauschen (Braun et al. 2017).

Damit Verwirbelungen reduziert und eine laminare Strömung über den Elektroden des RFC gewährleistet werden konnte, waren diese in eine Zählkammer eingebaut. Zur individuengenauen Erfassung der migrierenden Seeforellen (biologische Merkmale) und zur Überprüfung und Validierung der RFC-Signale befanden sich an dieser Zählkammer zwei Unterwasserkameras an den Seitenwänden und eine Überwasserkamera sowie ein Scheinwerfer an der Querverbindung. Die Kombination der Messgeräte in der Zählkammer lieferten RFC-Signale zu jeder Fishbewegung sowie permanentes Bildmaterial der Überwachungskameras zur Auswertung (Anhang VI – Fotodokumentation der Seeforellennachweise). Eine Übersicht der Messtechnik in der Fischzählanlage bietet Abbildung 6.

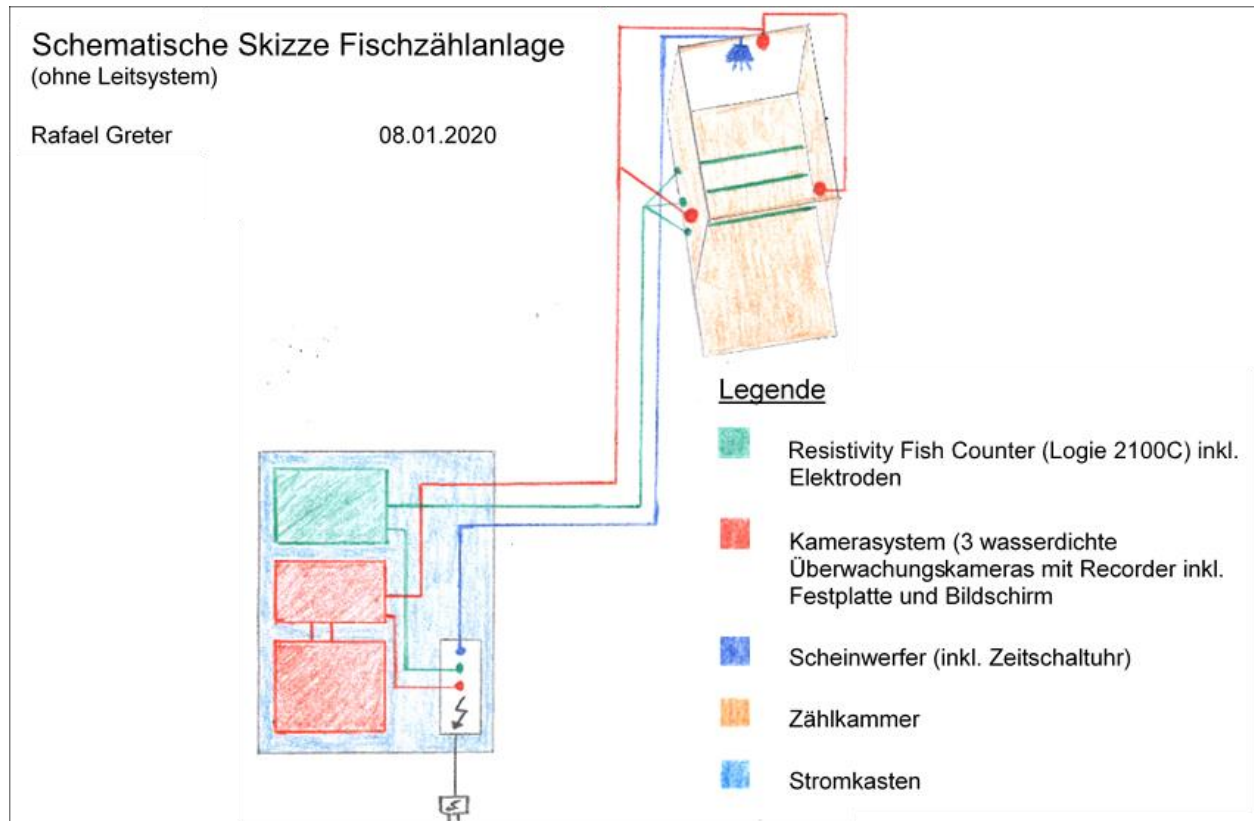


Abbildung 6: Schematische Skizze der Messtechnik der Fischzählanlage, welche in die Zählkammer eingebaut war.



Die Zählkammer in Flussmitte war umgeben von einem 30 m langen Fischleitsystem aus Bambus, der sogenannten Seeforellenweiche nach Meyer et al. 2015. Diese verhinderte, dass die Seeforellen neben der Zählkammer vorbei schwimmen konnten (Abbildung 7). Der lichte Stababstand des Leitsystems wurde mit max. 4 cm so dimensioniert, dass Seeforellen länger 40 cm aufgrund ihrer Breite das Leitsystem nicht passieren konnten (Adam et al. 2014).

Die Fischzählanlage (Zählkammer + Leitsystem) wurde so eingebaut, dass die Auffindbarkeit (Leitströmung) und die Passierbarkeit (Fliessgeschwindigkeit) auf die Zielart Seeforelle ausgelegt waren. Die Fliessgeschwindigkeiten in der Zählkammer lagen durchschnittlich zwischen 1.6 m/s und 2.4 m/s (Mittelwerte aus drei Messungen, bei Abflüssen von 2.5, 3.0 und 4.4 m<sup>3</sup>/s; höchstgemessene Fliessgeschwindigkeit auf der Anlage = 2.6 m/s). Für Wandersalmoniden der Grössenklasse 50 – 100 cm werden maximale Schwimmgeschwindigkeiten von 4.5 m/s – 6.5 m/s und für die Grössenklasse 25 – 55 cm von 3.0 m/s – 5.0 m/s angegeben (Baudoin et al. 2014). Die minimale Wassertiefe über den Elektroden in der Zählkammer lag während der gesamten Untersuchungsperiode zwischen 22 – 25 cm. Somit lag die Wassertiefe nicht unter der einfachen Körperhöhe und höher als die empfohlene minimale Wassertiefe von 20 cm nach Baudoin et al. (2014) für Wandersalmoniden der Grössenklasse 55 – 100 cm. Für kleinere Forellen war die Möglichkeit gegeben, bei deutlich geringeren Fliessgeschwindigkeiten, durch das Leitsystem aufzusteigen.



Abbildung 7: Fischzählanlage in der Restwasserstrecke Hasliaare. In Flussmitte die Zählkammer (rosa), durch welche der Wanderkorridor, bedingt durch die ausgeprägte Leitströmung, verlief. Umgeben ist die Zählkammer vom Fischleitsystem (Seeforellenweiche) aus Bambus.

### 2.2.2 Erfassung abiotische Faktoren

Folgende abiotische Faktoren wurden in dieser Untersuchung alle 10 min gemessen, als Rohdaten abgespeichert und ausgewertet, wobei die Pegel- und Abflussmessungen durch die Masterarbeit von Kevin Wyss durchgeführt wurden (Wyss 2020):

Die Wassertemperatur in Grad Celsius (gemessen mit Temperaturlatenlogger HOBO Pendant), die Trübung in NTU (gemessen mit der Trübstoffsonde SOLITAX sc inkl. des sc200 Controller von Hach) und der Pegel in cm (gemessen mit der Pegelsonde OTT ecolog 500), daraus resultierte die Pegelveränderung und der Abfluss (inkl. zusätzlichen Abflussmessungen mit Salz, zur Kalibrierung; Wyss 2020). Um die Trübstoffmessung einzuordnen, wurde an ausgewählten Tagen das Absetzvolumen der Schwebstoffe mit Hilfe eines Imhoff-Absetztrichters gemessen. Am Trichter konnte das Volumen der Schwebstoffe im



Wasser in ml/L abgelesen werden. Zudem wurden Wetterdaten der Stationen Innertkirchen, Meiringen und Guttannen (ebenfalls in 10 min Messwerten) miteinbezogen (je nach Verfügbarkeit der in der Station gemessenen Daten), um die äusseren Einflüsse (Wetter) und die Lichtverhältnisse besser abzubilden. Einbezogen wurden die Globalstrahlung, die Lufttemperatur, die Sonnenscheindauer, der Luftdruck und der Niederschlag in 10 min Werten sowie der Gesamtniederschlag an den jeweiligen Tagen. Des Weiteren wurde die Mondphase miteinbezogen, wobei bei Vollmond ein hoher Wert und bei Neumond ein tiefer Wert zugewiesen wurde.

## **2.3 Datenanalyse**

Für die Auswertung der Daten zur Beantwortung der Fragestellungen bzw. Prüfung der Hypothesen waren unterschiedliche Analysemethoden notwendig. Deskriptive Analysemethoden wurden für die Beschreibung der adulten Seeforellenpopulation (2.3.1 Struktur Seeforellenpopulation) angewendet. Die Wirkung der abiotischen Faktoren auf die Laichwanderung wurde zuerst ebenfalls deskriptiv beschrieben und anschliessend einem analytischen Statistikverfahren unterzogen (2.3.2 Methodik der statischen Datenanalyse), um die Resultate auf Signifikanz zu prüfen. Zudem wurde eine Überprüfung der Erfassungsgenauigkeit der Zählanlage durchgeführt (2.3.3 Überprüfung der Erfassungsgenauigkeit).

### **2.3.1 Struktur Seeforellenpopulation**

Die erfassten biotischen Daten dienten als Grundlage für die Abschätzung der Struktur der adulten Seeforellenpopulation, welche die Restwasserstrecke Hasliaare als Reproduktionsraum nutzten. Die RFC-Signale zeigten den genauen Zeitpunkt der Fischbewegung sowie die Bewegungsrichtung (Auf- / Abstieg). Das generierte Bildmaterial der Überwachungskameras diente zur Schätzung der Länge und zur Bestimmung des Geschlechts der registrierten Seeforellen sowie zur Überprüfung der Bewegungsrichtung. Damit keine Bachforellen mitgezählt wurden, fand eine zusätzliche Überprüfung der Grössenklasse zwischen 30 – 40 cm statt. Anhand eines Abgleichs des Flossenbildes, des Verhältnisses von Kopf zu Körper und des Verhältnisses der Höhe der Schwanzflosse zum Körper wurden die Seeforellen von den Bachforellen unterschieden. Individuen unter 30 cm wurden bei der Zählung vernachlässigt, da sie ohne weiteres das Fischleitsystem passieren konnten und bei grösseren Individuen (>40 cm) handelte es sich sowieso meist um eine Seeforelle.

Die individuengenaue Bestimmung der Seeforellen erfolgte anhand einer Vorsortierung nach Längenklasse und Geschlecht und anschliessender Unterscheidung der Körperform, besonderen Merkmalen (auch Verletzungen) und des Punktmusters der einzelnen Individuen (Anhang I – Beispiel Individuenabgleich (Punktmuster)). Denn jede Seeforelle hat ein individuelles Punktmuster, an welchem sie eindeutig identifizierbar sind (Rey et al. 2014; Stien et al. 2017; Hertig 2019;). Durch die Grundlage des Individuenabgleichs erfolgte die Zuteilung aller Seeforellenbewegungen in eine der folgenden drei Kategorien:

1. neues Individuum (Erstnachweis)
2. Mehrfachnachweis (bereits registriertes Individuum)
3. ungenaue Erfassung (könnte ein neues oder ein bereits registriertes Individuum sein).

Wobei es sich bei ungenauen Erfassungen immer um eine Seeforelle handelte, sie aufgrund unscharfen Bildmaterials jedoch nicht individuengenau bestimmt werden konnte. Durch die Fachstelle Ökologie der KWO fand zusätzlich ein Abgleich der individuengenau bestimmten Seeforellen mit Seeforellen früherer Erhebungen in der Hasliaare (inkl. Zuflüsse) statt.

### 2.3.2 Methodik der statischen Datenanalyse

Der zugrundeliegende Datensatz hatte folgende Eigenschaften:

- die abhängige Variable y (Abundanz) war nominal zweistufig (binär) skaliert,
- bei dem Block der unabhängigen Variablen x, handelte es sich aus dem Blickfeld des Skalenniveaus, um einen sogenannten „gemischt skalierten Datensatz“ und
- die unabhängigen Variablen (Effektvariablen; Einflussgrößen) korrelieren mehr oder weniger stark miteinander (Multikollinearität).

Nach der Vorabprüfung der Voraussetzungen und Bedingungen allseits bekannter Modelle der Regression und Diskrimination zeigte sich, dass keines dieser Modelle geeignet erschien. Deswegen und nach Konsultation des Statistik-Spezialisten Erwin Lautsch der BOKU Wien wurde für die Überprüfung der Wirkung der abiotischen Faktoren eine Entscheidungsbaumanalyse (TREE-Analyse) durchgeführt (Sonquist & Morgan 1964; Anderberg 1973; Hartigan 1975). Diese Methode hat sich in verschiedenen Fachdisziplinen bewährt (Kass 1975; Kass 1980; Hawkins & Kass 1982; Lautsch & Ninke 2000; Lautsch & Thöle 2003; Lautsch & Thöle 2005; Topal et al. 2010; Melcher et al. 2012). Die TREE-Analyse kann als ein Modell betrachtet werden, welches graphisch nichtlineare interaktionelle Beziehungen zu einer Zielgröße (abhängige Variable) in einer Step-by-Step-Strategie bivariat hierarchisch transparent macht und in Endknoten abspeichert (Anderberg 1973; Hartigan 1975).

Im Vorfeld der TREE-Analyse wurde zur Ausschließung von unabhängigen korrelierenden Variablenpaaren eine Korrelationsanalyse nach Pearson bzw. Spearman inkl. den Zusammenhangsmasse  $\text{ETA}^2$  durchgeführt (Tabelle 1 Variablen mit \*\*).

Im Fokus der Datenanalyse stand die Identifikation der Einflussgrößen auf die Zielgröße Abundanz (Präsenz / Absenz), sowohl als Haupt- als auch als Interaktionseffekte (wechselseitige Beziehung). Die Präsenzdaten beinhalten die tatsächlichen Seeforellenbewegungen inkl. der dazugehörigen abiotischen Faktoren und die Absenzdaten beinhalten gleich viele zufällig erstellte «Bewegungen» im Untersuchungszeitraum. Die zufällig gewählten Bewegungszeitpunkte wurden ebenfalls mit den, an diesem Zeitpunkt gemessenen, abiotischen Faktoren verschnitten.

Methodologisch betrachtet, handelt es sich aus dem Blickpunkt der zentralen Hypothese (H1, Kapitel 1.3 Forschungsfragen und Hypothesen), um ein asymmetrisches Datenmodell: eine abhängige Variable (y) und mehrere unabhängige Variablen (sogenannte Effektvariablen) -  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16}$  -, wobei die Bewegung (Aufteilung Aufstieg / Abstieg) einen Sonderstatus als Kontrollvariable (z) einnimmt (Tabelle 1). Formal kann dies wie folgt zum Ausdruck gebracht werden (Formel 1):

Formel 1:

$$\{ y_i \rightarrow f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{16i}) z_i \}$$

*Tabelle 1: Beinhaltet alle Variablen dieses asymmetrischen Datenmodells mit Angabe ihres Status und ihren metrischen Charakteristika.*

Symbol	Name	Kurzbezeichnung	Dimension	Status	Skalierung
0	1	2	3	4	5
y	Abundanz	Pres_Abs	nominal	abhängig	1: Präsenz 2: Absenz
z	Bewegung	BWG	nominal	Kontrollvariable	1: up 2: down 3: event*
x1	Zeitklassen (2h)	Z_int	ordinal	unabhängig	1: 00:00 – 02:00 2: 02:00 – 04:00 usw.
x2	Wassertemperatur Restwasserstrecke	WT_R	scale	unabhängig	°C
x3	Trübung Restwasserstrecke	TRB_R	scale	unabhängig	NTU
x4	Pegeländerung Restwasserstrecke	P_R_var	scale	unabhängig	cm/30min
x5	Abfluss Restwasserstrecke	Q_R	scale	unabhängig	m <sup>3</sup> /s
x6	Wasserstand	WA_ST	nominal	unabhängig	1: zunehmend 2: abnehmend 3: konstant
x7	Mondphase	Mond	nominal	unabhängig	1: Neumond - 15: Vollmond
x8	Sonnenscheindauer in Meiringen	Son_M	scale	unabhängig	min/10min
x9	Luftdruck in Innertkirchen	LD_I	scale	unabhängig	hPa
x10	Niederschlag letzte 10min Innertkirchen	NS_10_I	scale	unabhängig	mm/10min
x11	Gesamtniederschlag Innertkirchen	GNS_I	scale	unabhängig	mm
x12**	Pegel Restwasserstrecke	P_R	scale	unabhängig	cm
x13**	Globalstrahlung Innertkirchen	GBS_I	scale	unabhängig	KJ/m2/h
x14**	Lufttemperatur Innertkirchen	LT_I	scale	unabhängig	°C
x15**	Niederschlag letzte 10min Guttannen	NS_10_G	scale	unabhängig	mm/10min
x16**	Gesamtniederschlag Guttannen	GNS_G	scale	unabhängig	mm
s1***	Geschlecht	GS	nominal	unabhängig	1: männl. 2: weibl.
s2***	Längenklassen	LG_KL	ordinal	unabhängig	1: 30 – 60cm 2: 60 – 90cm
* diese Kategorie wurde in der Analyse nicht berücksichtigt, da mit der Problemstellung nicht vereinbar.					
** diese Variablen korrelieren stark mit Anderen und wurden deshalb aus der Analyse entfernt.					
*** s1 und s2 wurden nur für die Hypothese 2 (H2) bzw. H3 benötigt.					

Die statistische Analyse wurde mit dem Softwarepaket SPSS Statistics Premium 26.0 StudyPack durchgeführt (Bühl & Zöfel 2002). Die Frage, welche der beiden Kategorien (Präsenz / Absenz) im Endknoten statistisch gesichert signifikant sind, wurde post-hoc mit einer Kreuztabellenanalyse beantwortet. Die Kreuztabelle prüft einerseits global mit dem CHI<sup>2</sup>-Test, ob zwischen Endknoten-zugehörigkeiten und Abundanz ein Zusammenhang besteht. Mittels des Kontingenzkoeffizienten V (nach Cramer) wurde die Stärke des Zusammenhangs ermittelt, für diesen gelten konventionell die Werte 0.1 als klein, 0.3 als mittel und 0.5 als gross (Bortz 2005). Andererseits, mit lokalen Zellentests (Residualtests), welche Kategorie (Präsenz oder Absenz) typisch oder atypisch sind bzw. mit welchen Endknoten (Interaktionspfad im Tree) als statistisch gesichert angesehen werden darf (Bortz 2005; Hemmerich 2020).

Damit angeschaut werden kann, ob diese Residuen statistisch gesichert waren, war noch eine Alpha-Adjustierung nach Bonferroni nötig (Hemmerich 2020).

Aufgrund der Vielzahl der insgesamt durchzuführenden statistischen Tests ist bei der TREE-Analyse eigentlich mehr von einer Hypothesengenerierung als von einer Hypothesenprüfung zu sprechen und deshalb waren die entstandenen Signifikanzen auch explorativ anzuschauen (Anderberg 1973). Deswegen wurde, um zu überprüfen wie sich das zuvor entstandene Modell (3.2 Wirkung der abiotischen Faktoren) bei Änderungen verhält, einzelne Variablen entfernt, die Erzwingung der Bewegungsaufteilung aufgehoben und die statistischen Tests wiederholt. Auch wurden die Mehrfachbewegungen der Seeforellen entfernt, um die Auswirkungen auf das Modell zu überprüfen, dies da sich diese Seeforellen im Laichgebiet hin und her bewegten und keine neue Aufstiegs- bzw. definitive Abstiegsbewegung vollzogen.

Für die Hypothese 2 und 3 wurden die Absenzdaten herausgefiltert, da diese Bewegungen zufällig erstellt wurden und weder ein Geschlecht noch eine Körperlänge beinhalteten. Für die Beantwortung der Hypothese 4 (geschlechterspezifische Unterscheidung der Aufenthaltsdauer im Laichgebiet) wurden anstatt alle Seeforellenbewegungen, nur die Seeforellen verwendet, welche beim Aufstieg sowie beim Abstieg individuell genau bestimmt werden konnten.

### **2.3.3 Überprüfung der Erfassungsgenauigkeit**

Um die Erfassungsgenauigkeit des RFC anhand der Überwachungskameras zu überprüfen, wurde ein zufälliger Tag ausgewählt, die gesamten 24 Stunden Videoaufnahmen angeschaut und die Bewegungen notiert. Diese wurden anschliessend mit den RFC-Signalen abgeglichen. Dabei wurde der Fokus auf die Falsch-Negativen Fehler gelegt (Countersignal zeigt keinen Fisch an, das Videomonitoring zeigt jedoch eine Bewegung über den RFC an). Die Falsch-Positiven Fehler (Countersignal zeigt einen Fisch an, jedoch ging keiner über den RFC) waren meistens auf Holzstücke oder elektrische Rauschen zurückzuführen (Braun et al. 2017).

### 3 Resultate

#### 3.1 Populationsstruktur der Seeforellen

Im 4-monatigen Untersuchungszeitraum vom 13.09.2019 bis 13.01.2020 registrierte die Fischzählanlage 269 Seeforellenbewegungen, davon waren 144 Aufstiegsbewegungen (up), 118 Abstiegsbewegungen (down) und 7 Events (Seeforellen, die in die Zählanlage schwammen, diese aber nicht überquerten). Die erste Seeforelle konnte am 15.09.2019 und die Letzte am 30.12.2019 nachgewiesen werden. Von den 269 Seeforellenbewegungen konnten 188 (up = 133, down = 49, event = 6) anhand des Punktmusters individuengau bestimmt werden, davon waren 84 Mehrfachbewegungen (up = 33, down = 48, event = 3), somit wurden 104 Seeforellenindividuen erkannt. Die restlichen 81 Bewegungen wurden undeutlich erfasst und waren nicht individuengau bestimmbar (Abbildung 8).

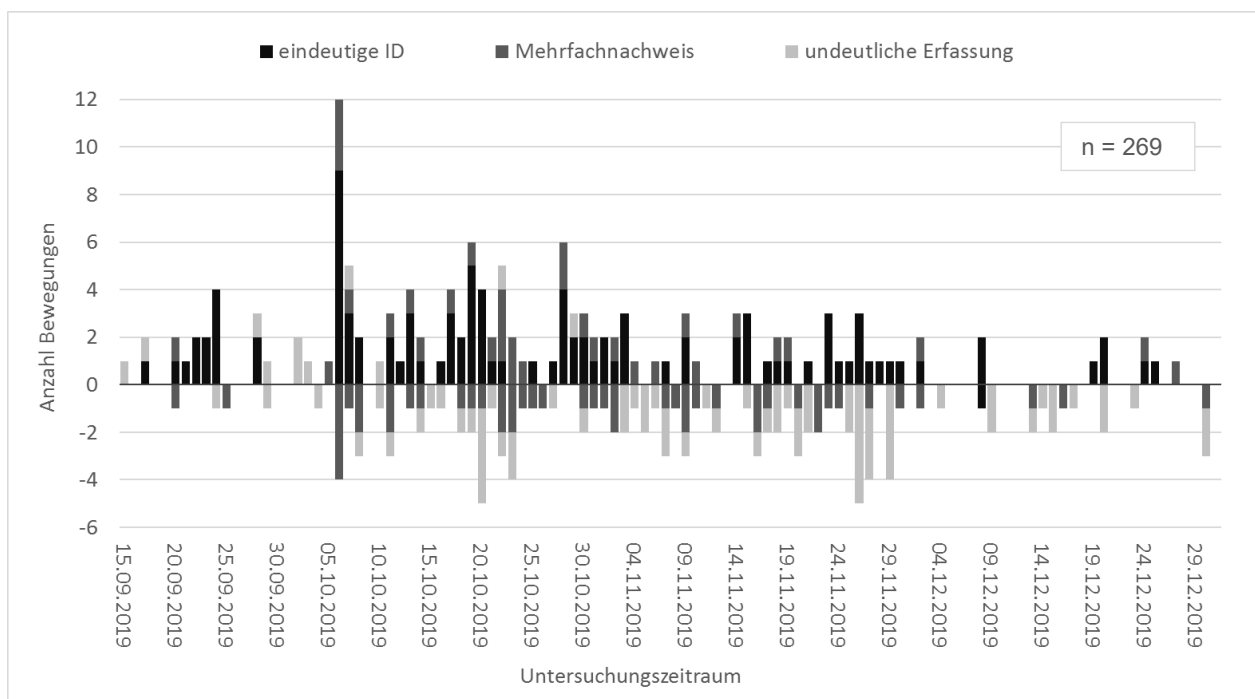


Abbildung 8: Darstellung der Dauer und Intensität der Seeforellenbewegungen im Untersuchungszeitraum. Unterteilt in eindeutig erfasste ID, Mehrfachnachweis und undeutliche Erfassung. Die Aufstiegsbewegungen (up) sind mit Positiv- und die Abstiegsbewegungen (Down) mit Negativwerten dargestellt.

Bei den 104 individuengau bestimmten Seeforellen handelte es sich bei 66.3 % um Rogner und bei 33.7 % um Milchner. Die geschätzten Körperlängen bewegten sich bei den Milchnern zwischen 30 – 90 cm mit einem Mittelwert von 64 cm und einem Median von 69 cm. Bei den Rognern lagen die Körperlängen zwischen 30 – 80 cm mit einem Mittelwert von 54 cm und einem Median von 56 cm (Tabelle 2; Abbildung 9).

Tabelle 2: Unterschiedliche Merkmale der Rogner und Milchner (n = 104). Wichtig, alle Körperlängen sind anhand des Bildmaterials geschätzt.

Geschlecht	Prozentualer Anteil	Durchschnittliche Körperlänge	Median der Körperlänge	Kleinstes Individuum	Grösstes Individuum
Rogner	66.3	54 cm	56 cm	30 cm	80 cm
Milchner	33.7	64 cm	69 cm	30 cm	90 cm

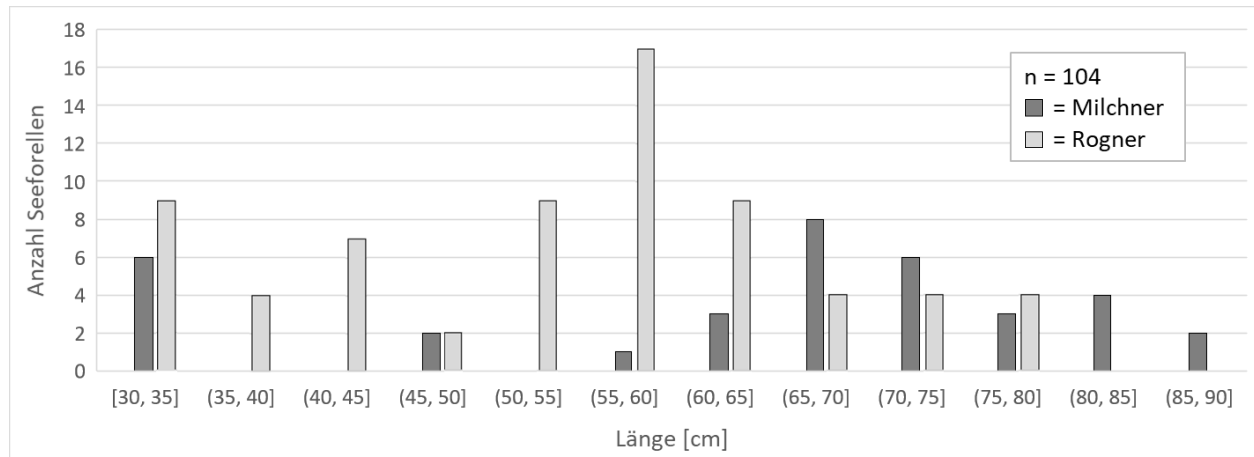


Abbildung 9: Längenfrequenzdiagramm der 104 individuen genau bestimmten Seeforellen, aufgeteilt nach Geschlecht.

Durch weitere Auswertungen auf Basis, der im Rahmen dieser Masterarbeit erhobene Daten, wurde der Verletzungsanteil hinsichtlich fischereilichem Einfluss (Maxillaverletzung) überprüft. Dabei wurden von 49 Seeforellen (individuen genau bestimmte Seeforellen, bei denen die Überprüfung einer Maxillaverletzung möglich war) vier Seeforellen (8 %) mit Verlust oder erheblichen Verletzung der Maxilla (Abbildung 10) identifiziert (Ceballos 2020). Im Allgemeinen war der Verletzungsanteil gering, die Verletzungen waren jedoch vielseitig, es gab Seeforellen mit Abdrücken von Hechtbissen oder Netzen sowie Rötungen, Schnittwunden und auch wenige mit Verpilzungen.



Abbildung 10: Beispiel einer nachgewiesenen Maxillaverletzung beim Aufstieg eines Rogners vom 04.11.2019.

Die Intensität der Laichwanderung war im Oktober und November am grössten. Über 80 % aller Seeforellen durchschwammen die Fischzählanlage in diesen zwei Monaten, wobei der 06.10.2019 mit 17 Bewegungen (12 Aufstieg, 4 Abstieg und 1 Event), welche von 11 Individuen verursacht wurden, herausstach (Abbildung 8). Der Median der Anzahl Bewegungen wurde am 28.10.2019 erreicht. Hier stellte sich auch die Frage zur Aufenthaltsdauer im Laichgebiet (der Restwasserstrecke Hasliaare) und eventuell geschlechter-spezifischen Unterschieden (H4). Bei den herausgefilterten Seeforellen, die beim ersten Aufstieg (up) und letztem Abstieg (down) individuen genau bestimmt werden konnten, handelte es sich schlussendlich nur um 18 Seeforellenindividuen, da vor allem die Abstiegsbewegungen (down) schwierig individuen genau zu erfassen und zu bestimmen waren. Trotz der geringen Fallzahl wurde der Mediantest (exakter Fishertest) durchgeführt. Die Grafik (Abbildung 11) zeigt, dass in der Stichprobe klare Unterschiede vorlagen: erstens bzgl. des Medians und zweitens bzgl. der Streuung (Interquartil). Die Streuung war bei den Milchnern durch die unterschiedliche Aufenthaltsdauer im Laichgebiet viel grösser als bei den Rognern.



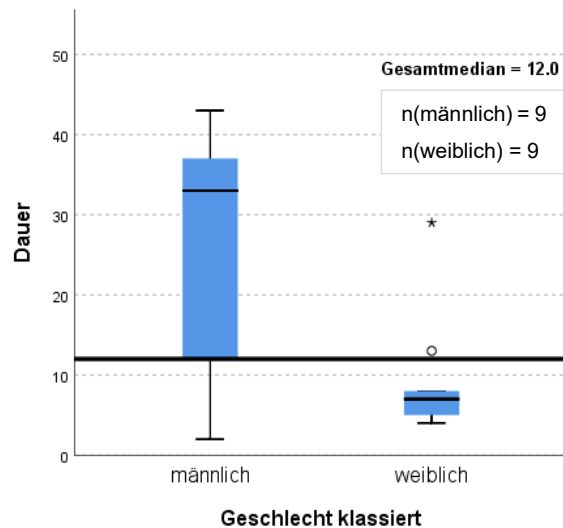


Abbildung 11: Boxplot des Mediantests, zu erkennen ein klarer Unterschied nach Geschlecht (GS) in der Stichprobe. Der dicke schwarze Strich stellt den Gesamtmedian dar, die schwarzen Striche in den Boxplots die Mediane der einzelnen Geschlechter, der blaue Balken geht vom 1. Quartil bis zum 3. Quartil und der Punkt zeigt ein milder Ausreisser bzw. der Stern ein extremer Ausreisser.

Der in der Stichprobe offensichtliche Unterschied (Abbildung 11), wird mithilfe den Kontingenzmassen Cramer – V = 0.447 als mittelstark ausgewiesen. Diese Erkenntnis darf jedoch nicht verallgemeinert werden, da der statistische Signifikanztest (Mediantest / exakter Fischartest)  $p = 0.153$  nicht signifikant war (Hemmerich 2020).

Tabelle 3: Globaltest nach exaktem Fischartest inkl. des Cramer-V-Wertes.

Globaltest (exakter Test nach Fisher)			
CHI <sup>2</sup> / LQ	df	p	Cramer-V
3.60 / 3.74	1	0.153 (n.s.)	0.447

Durch den Abgleich der individuell genau bestimmten Seeforellen dieser Arbeit mit Seeforellen aus früheren Erhebungen im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt drei Multi-Spawner (Mehrfachlaicher) nachgewiesen. Wie beispielsweise der Milchner ID 058 in Abbildung 12, welcher am 28.10.2019 in der Fischzählanlage nachgewiesen wurde. Eine dieser Seeforellen konnten sogar an mehreren Jahren nachgewiesen werden, nämlich der Milchner ID 009 in Abbildung 13, welcher am 24.09.2019 auf der Fischzählanlage registriert wurde.

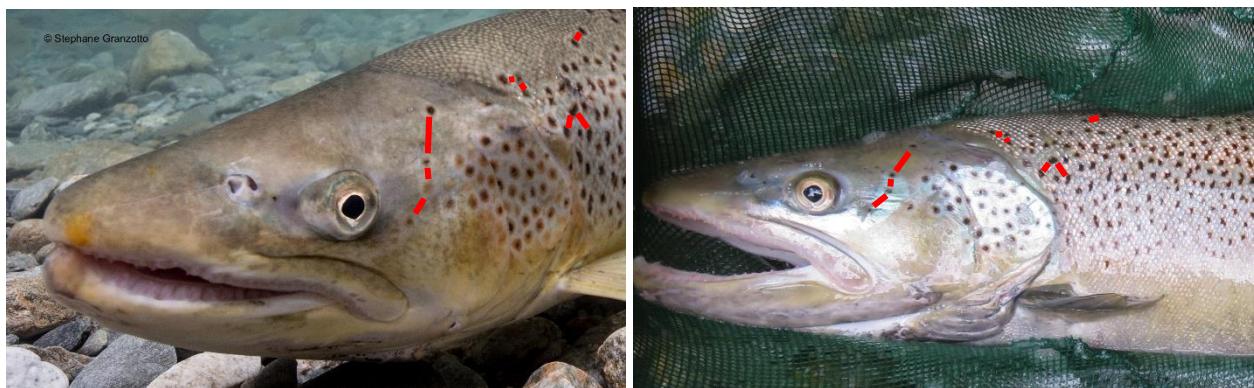


Abbildung 12: Multi-Spawner Milchner ID 058, nachgewiesen am 04.11.2016 in der Hasliaare von Stéphane Granzotto (links) und nach der Erfassung in der Fischzählanlage (Anhang VI, Nummer 133) sowie am 01.11.2019 in der Hasliaare beim Laichfischfang von Rafael Greter (rechts).

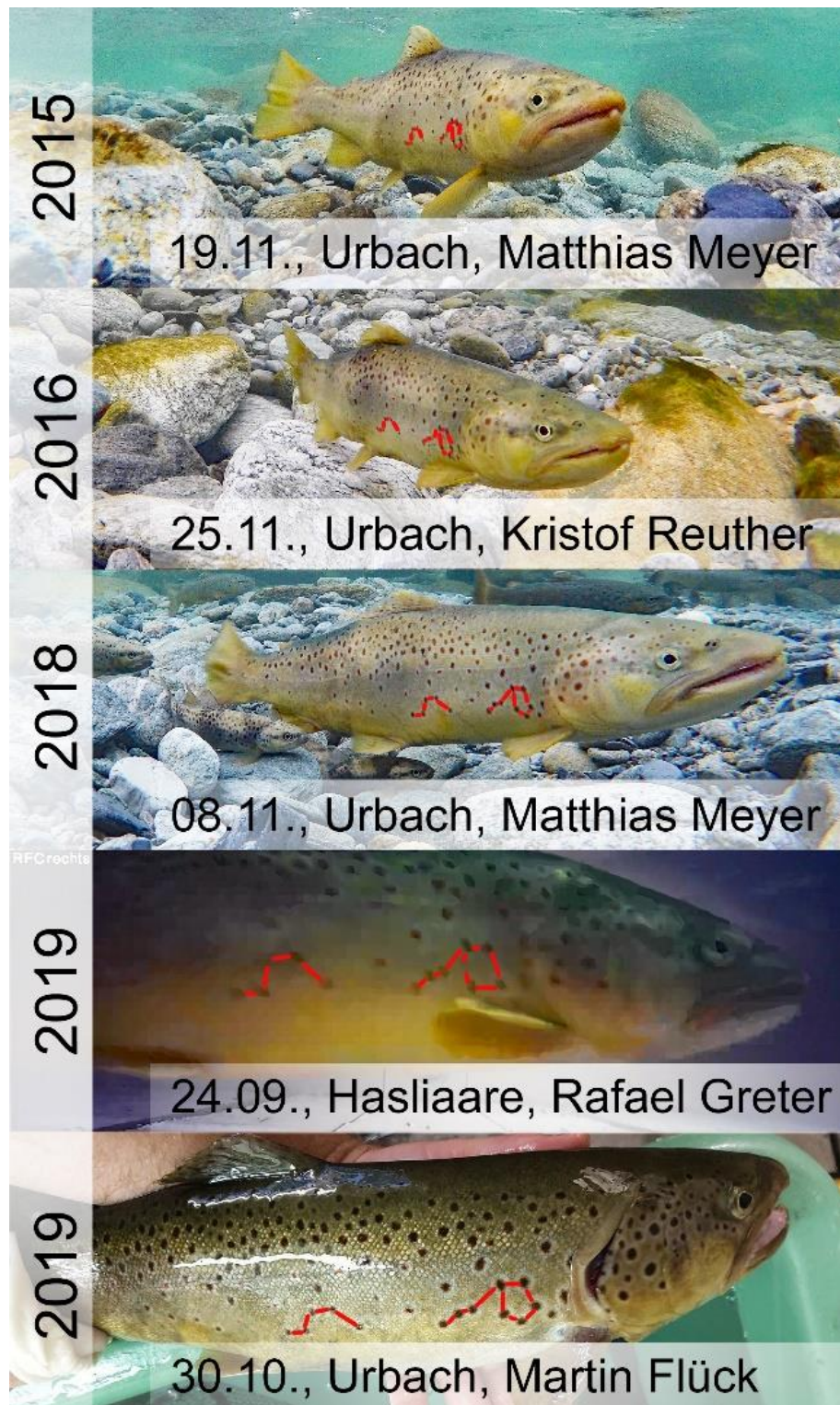


Abbildung 13: Multi-Spawner Milchner ID 009, nachgewiesen in der Laichsaison 2015, 2016, 2018 und 2019. Der Nachweis der Fischzählanlage ist ebenfalls im Anhang VI – Fotodokumentation der Seeforellennachweise, unter Nummer 15 vom 24.09.2019 zu finden.

### 3.2 Wirkung der abiotischen Faktoren

Die Gegenüberstellung aller unabhängigen Variablen (Tabelle 1) in der Korrelationsmatrix (Anhang III – Korrelationsmatrix nach Pearson und Zusammenhangsmasse  $\eta^2$ ) ergab, dass die abiotischen Faktoren Lufttemperatur Innertkirchen (LT\_I), 10 min Niederschlag Guttannen (NS\_10\_G), Gesamtniederschlag Guttannen (GNS\_G), Globalstrahlung Innertkirchen (GBS\_I) und der Pegel in der Restwasserstrecke (P\_R) mit anderen, fachwissenschaftlich wichtigeren abiotischen Faktoren, korrelierten und deshalb aus der weiteren Analyse ausgeschlossen wurden. Die übrigen unabhängigen Variablen zeigten in den Zusammenhangsmassen in  $\eta^2$  keinen direkten Einfluss auf die Abundanz (Präsenz von Seeforellen), ausser der Abfluss einen sehr geringen bei den Aufstiegsbewegungen (up)  $\eta^2 = 0.91$  (Anhang III).

Tabelle 4: Modellzusammenfassung der Entscheidungsbaumanalyse.

Modellzusammenfassung		
Spezifikationen	Aufbaumethode	EXHAUSTIVE CHAID
	Abhängige Variable	Pres_Abs Abundanz: Präsenz / Absenz
	Unabhängige Variable	Zeit(Klassiert)_2h, Wassertemperatur Restwasserstrecke, Pegeländerung Restwasserstrecke, Abfluss Restwasserstrecke, Wasserstand, Trübung, Mondphase, Sonnenscheindauer Meiringen, Luftdruck Innertkirchen, Niederschlag letzte 10 min Innertkirchen, Gesamtniederschlag Innertkirchen, Bewegung
	Validierung	Keine
	Maximale Baumtiefe	3
	Mindestanzahl der Fälle im übergeordneten Knoten	12
	Mindestanzahl der Fälle im untergeordneten Knoten	8
Ergebnisse	Aufgenommene unabhängige Variablen	Bewegung, Wassertemperatur Restwasserstrecke, Luftdruck Innerkirchen, Zeit(Klassiert)_2h, Abfluss Restwasserstrecke
	Anzahl der Knoten	21
	Anzahl der Endknoten	15
	Tiefe	3

Die Entscheidungsbaumanalyse zeigt nicht nur direkte Einflüsse, sondern auch Interaktionspfade (Wechselwirkungen) zwischen den abiotischen Faktoren und der Abundanz auf. Die Modellzusammenfassung (Tabelle 4) stellt dar, welche Variablen dem Modell der Entscheidungsbaumanalyse eingespeist wurden, diese sind ebenfalls in Tabelle 1 aufgelistet. Der ganze Entscheidungsbaum wurde entsprechend der Abundanz (Präsenz / Absenz) aufgeteilt. In (Abbildung 14) ist die erzwungene erste Aufteilung nach der Bewegung (up / down) dargestellt, damit spezifische Aussagen zu Fischaufstieg (up) und Fischabstieg (down) möglich waren.

Bei der **Wanderung flussauf** (up) ergab die Entscheidungsbaumanalyse folgendes in Abbildung 15 dargestelltes Resultat. Der erste Interaktionspfad war die Wassertemperatur, bei Temperaturen zwischen 7.3 und 9.5 °C wurde weiter nach Luftdruck und bei Temperaturen >10.0 °C nach Zeitintervallen aufgeteilt. Der gesamte Fischaufstieg wurde somit mit acht Endknoten beschrieben (Knoten 3, 4, 11, 12, 13, 14 und 15). Die Endknoten bezeichnen die Interaktionspfade (Einflüsse) auf die Zielgrösse Abundanz.



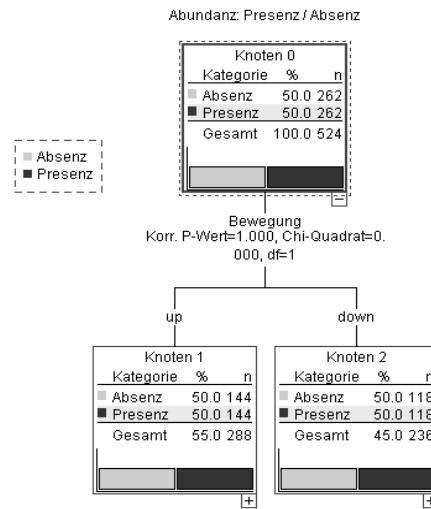


Abbildung 14: Kopf des Baums der Entscheidungsbaumanalyse, aufgelöst nach der abhängigen Variable Abundanz und mit der erzwungenen Aufteilung nach der Bewegung (up / down).

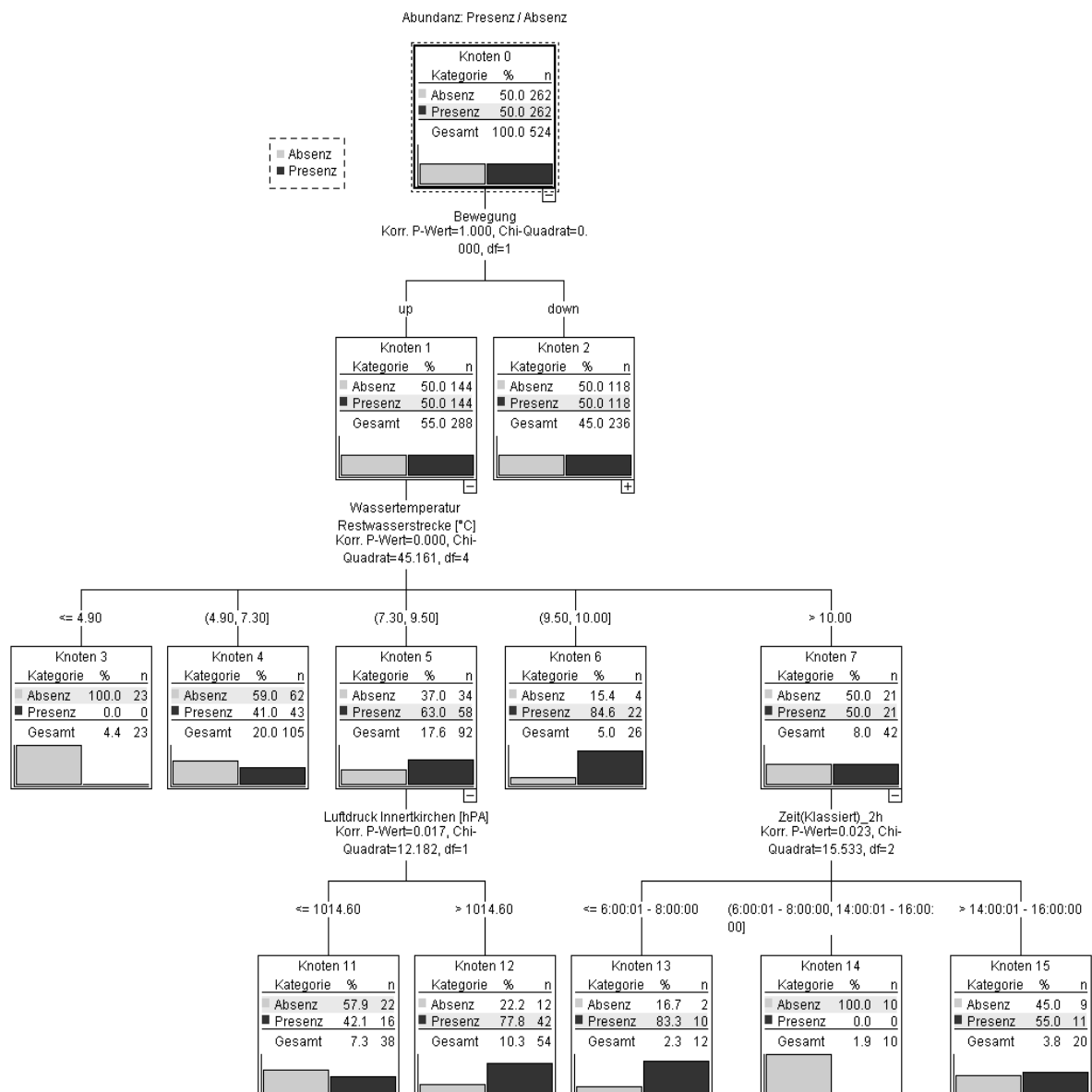


Abbildung 15: Abiotische Faktoren (Interaktionspfade), die gemäss dem Modell der Entscheidungsbaumanalyse den Fischeufstieg am besten erklären.

Die **Wanderung flussab** (down) wurde gemäss der TREE-Analyse mit den abiotischen Faktoren Luftdruck und Abfluss am besten erklärt (Abbildung 16). Der erste Interaktionspfad wurde dem Luftdruck zugeordnet, herrschten klare Bedingungen (Luftdruck  $\leq 1012.1$  hPa oder  $> 1025.4$  hPa) teilte das Modell nicht weiter auf. In der Übergangsphase von Hoch- und Tiefdruck wurde jedoch weiter nach Höhe des Abflusses unterteilt. Die Sieben Endknoten 8, 10, 16, 17, 18, 19, 20 beschrieben somit den gesamten Fischabstieg.

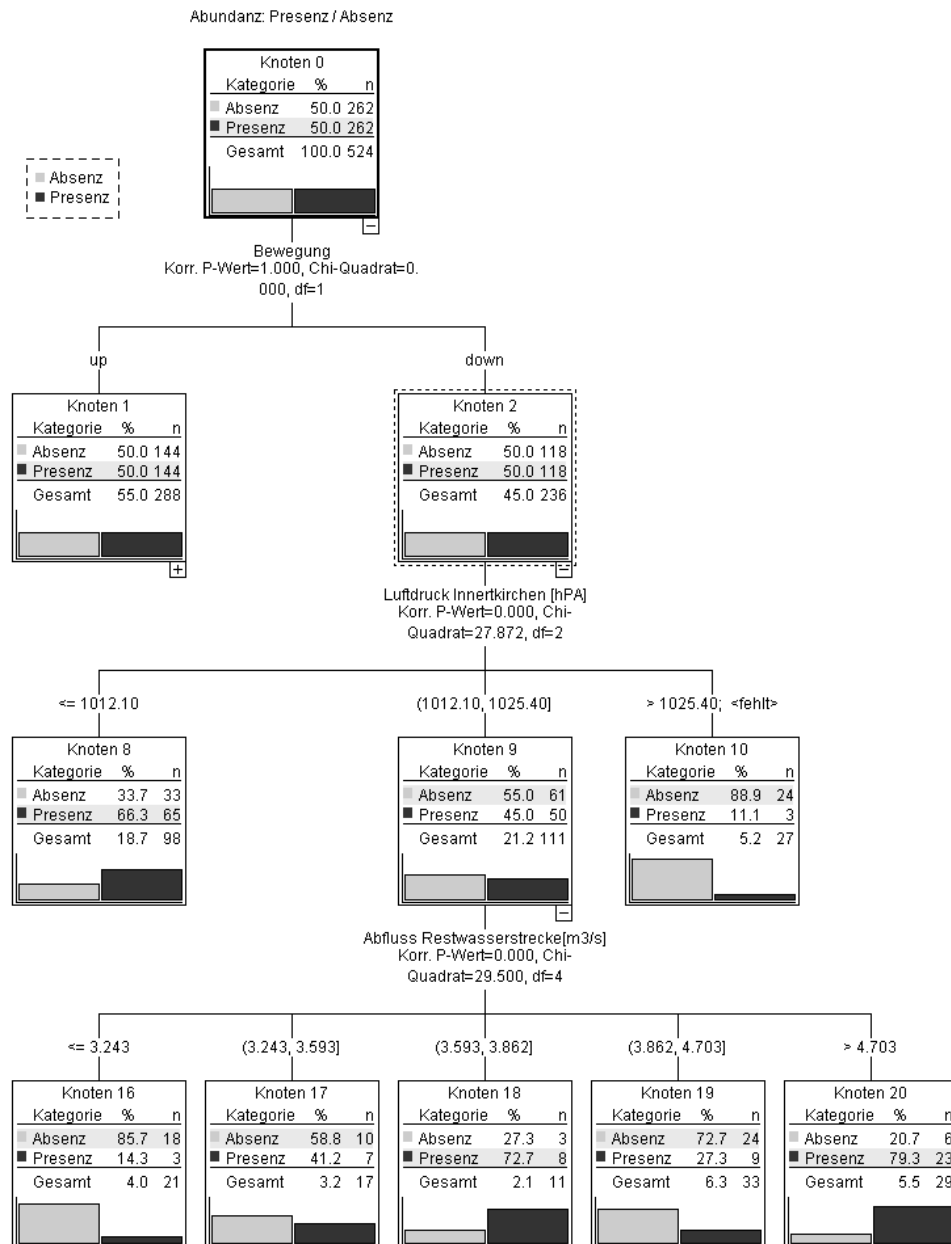


Abbildung 16: Abiotische Faktoren (Interaktionspfade), die gemäss dem Modell der Entscheidungsbaumanalyse den Fischabstieg am besten erklären.

Die Güte des gesamten Modells lag bei 71.4 %, bei den Abwesenheitsdaten mit einem Wert von 73.7 % sogar noch etwas besser als bei den Präsenzdaten mit 69.1 % (Abbildung 17).

Klassifikation			
Beobachtet	Vorhergesagt		Prozent korrekt
	0 Absenz	1 Presenz	
0 Absenz	<b>193</b>	69	73.7%
1 Presenz	81	<b>181</b>	69.1%
Gesamtprozensatz	52.3%	47.7%	<b>71.4%</b>

Aufbaumethode: EXHAUSTIVE CHAID  
Abhängige Variable: Pres\_Abs Abundanz: Presenz / Absenz

Abbildung 17: Klassifikation der Entscheidungsbaumanalyse, beinhaltet die Modellgüte bezüglich der Abundanz.

Die Gegenüberstellung der entstandenen Endknoten versus der Abundanz in der Kreuztabelle (Tabelle 5) und anschliessendem Globaltest (Tabelle 6) zeigte, welche Endknoten der zuvor durchgeführten TREE-Analyse Signifikant waren. In Tabelle 5 sind die Endknotennummern, welche Signifikant waren fett markiert. Die Interaktionspfade, welche diese Endknoten beinhalten sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 5: Resultat der Kreuztabelle, hellgrau hinterlegt sind die nach der Alpha-Adjustierung nach Bonferroni (Tabelle 6) signifikant typischen bzw. dunkelgrau die signifikant atypischen Bedingungen der Endknoten.

Kreuztabelle: "Endknoten" vs. Abundanz (Präsenz / Absenz)			Abundanz		Gesamt
	Endknoten – Nr.		Absenz	Präsenz	
NodeID_1 Terminal Node Identifier	3	Anzahl	23	0	23
		Korrigierte Residuen	4.9	-4.9	
	4	Anzahl	62	43	105
		Korrigierte Residuen	2.1	-2.1	
	6	Anzahl	4	22	26
		Korrigierte Residuen	-3.6	3.6	
	8	Anzahl	33	65	98
		Korrigierte Residuen	-3.6	3.6	
	10	Anzahl	24	3	27
		Korrigierte Residuen	4.1	-4.1	
	11	Anzahl	22	16	38
		Korrigierte Residuen	1.0	-1.0	
	12	Anzahl	12	42	54
		Korrigierte Residuen	-4.3	4.3	
	13	Anzahl	2	10	12
		Korrigierte Residuen	-2.3	2.3	
	14	Anzahl	10	0	10
		Korrigierte Residuen	3.2	-3.2	
	15	Anzahl	9	11	20
		Korrigierte Residuen	-0.5	0.5	
	16	Anzahl	18	3	21
		Korrigierte Residuen	3.3	-3.3	
	17	Anzahl	10	7	17
		Korrigierte Residuen	0.7	-0.7	
	18	Anzahl	3	8	11
		Korrigierte Residuen	-1.5	1.5	
	19	Anzahl	24	9	33
		Korrigierte Residuen	2.7	-2.7	
	20	Anzahl	6	23	29
		Korrigierte Residuen	-3.2	3.2	
Gesamt		Anzahl	262	262	524

Tabelle 6: Globaltest der Kreuztabelle (Endknoten vs. Abundanz) inkl. Powermasse (Cramer-V), Bootstrapsimulation und Alpha-Adjustierung nach Bonferroni, damit das Signifikanzniveau 95 % auf die entstandenen korrigierten Residuen (Tabelle 5) angewendet werden konnte.

Globaltest						Alpha-Adjustierung nach Bonferroni	
			Bootstrapsimulation (k = 1000)			Alpha	0.05
CHI <sup>2</sup>	df	p	Cramer-V	uG - 95%-CI	oG - 95%-CI	Alpha*	0.05 / (2*15) = 0.0016667
129.13	14	<b>0.000 (sign.)</b>	<b>0.496</b>	0.454	0.573	z (Alpha*)	<b>3.14</b>



Der Globaltest fiel mit  $p = 0.000$  hoch signifikant aus, die Effektmasse (Powermasse) Cramer-V galt mit 0.496 ganz knapp nicht als gross (Tabelle 6). Die ebenfalls durchgeführte Bootstrapsimulation zeigte die obere und untere Grenze des Cramer-V-Wertes zwischen 0.454 – 0.573 bei hier 1000 simulierten Fällen an. Die Alpha-Adjustierung nach Bonferroni (Tabelle 6) ergab einen z-Wert von 3.14, diese entsprechen einem Signifikanzniveau 95 % ( $\alpha = 0.05$ ), Residuen in Tabelle 5, welche höher als 3.14 bzw. tiefer als -3.14 liegen, waren demnach signifikant.

Zur Übersicht sind in Tabelle 7 alle signifikanten Endknoten, inklusive ihren Interaktionspfaden (abiotischen Faktoren) auf die Abundanz der Seeforellen beim Laichauf- (up) bzw. Laichabstieg (down), dargestellt.

*Tabelle 7: Signifikante Endknoten und deren Interaktionspfade auf die abhängige Variable (Abundanz). In Spalte 2 wird die Wirkung auf die Präsenz der Seeforellen angegeben, AT = atypisch und T = typisch.*

Signifikante Einflussgrössen						
Endknoten Nummer	Zuweisung bzgl. "Präsenz"	Bewegung	Wassertemperatur	Luftdruck	Zeitintervalle (2h)	Abfluss
3	AT	Up	$\leq 4.90$			
6	T	Up	9.50 - 10.00			
8	T	Down		$\leq 1012.10$		
10	AT	Down		$> 1025.40$		
12	T	Up	7.30 - 9.50	$\geq 1014.60$		
14	AT	Up	$> 10.00$		08:00 - 16:00	
16	AT	Down		1012.10 - 1025.40		$< 3.24$
20	T	Down		1012.10 - 1025.40		$> 4.70$

Beim **Laichaufstieg** (up) waren von acht Endknoten vier signifikant (Tabelle 7). Knoten 3 war signifikant und war atypisch für die Präsenz von Seeforellen, er beschreibt die Bedingung, dass bei Wassertemperaturen  $< 4.9^\circ\text{C}$  keine Präsenzdaten (tatsächliche Seeforellenbewegung) mehr vorkamen (Abbildung 15). Knoten 6 war ebenfalls signifikant, er zeigt auf, dass bei Wassertemperaturen zwischen 9.5 und  $10^\circ\text{C}$  mehr Aufstiege stattfanden als gegenüber dem zufälligen Referenzdatensatz. Ein weiterer signifikanter Endknoten war der Knoten 12, welcher typisch für das Aufsteigen von Seeforellen (Präsenzdaten) war, dies bei Wassertemperaturen zwischen  $7.3 - 9.5^\circ\text{C}$  und einem Luftdruck bei der Station Innertkirchen  $> 1014.6\text{ hPa}$ . Der letzte signifikante Endknoten, Knoten 14 war wieder atypisch für Präsenzdaten, dieser besagt, dass bei Wassertemperaturen  $> 10^\circ\text{C}$  zwischen 08:00 Uhr und 16:00 Uhr, also am Tag, kein Seeforellenaufstieg stattfand. Diese Erkenntnis bestätigte die deskriptive Darstellung der Seeforellenbewegungen im tageszeitlichen Verlauf (Abbildung 18).

Von den sieben Endknoten beim **Laichabstieg** (down) waren ebenfalls vier signifikant (Tabelle 7). Der signifikante Endknoten 8 war sehr typisch für den Abstieg und zeigte eine hohe Wahrscheinlichkeit der Präsenz von Seeforellen bei tiefem Luftdruck ( $< 1012.1\text{ hPa}$ ). Der signifikante Endknoten 10, zeigte das Gegenteil zu Knoten 8, Lufthochdruck ( $> 1025.4\text{ hPa}$ ) war atypisch für Präsenzdaten. Die zwei weiteren signifikanten Knoten 16 und 20 beschreiben die Abundanz beim Abstieg bei der Übergangsphase des Luftdrucks (zwischen 1012.1 und  $1025.4\text{ hPa}$ ) anhand des Abflusses. Knoten 16, Abfluss  $\leq 3.2\text{ m}^3/\text{s}$ , war atypisch und Knoten 20, Abfluss  $> 4.7\text{ m}^3/\text{s}$ , war typisch für die Präsenz von Seeforellen. Die Endknoten, die die Abflüsse dazwischen beschreiben waren nicht signifikant (Abbildung 16).

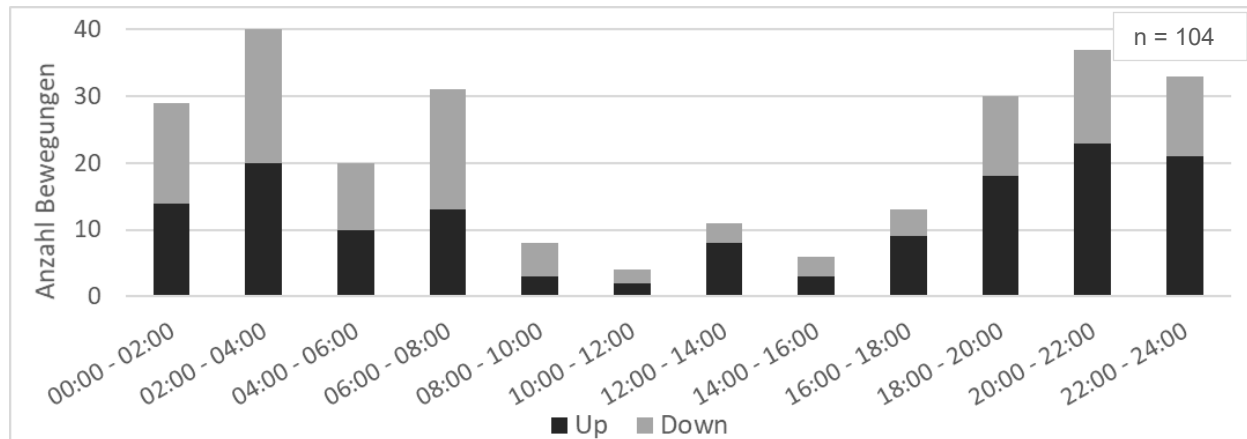


Abbildung 18: Tageszeitlicher Verlauf aller Seeforellenbewegungen (nur Präsenzdaten).

Durch die Entscheidungsbaumanalyse liess sich die eingangsformulierte Formel 1 (2.3.2 Methodik der statischen Datenanalyse) auf folgende Formel 2 wesentlich reduzieren, wobei  $y_i$  die Abundanz beschreibt. Von allen unabhängigen Variablen blieben somit nur die Variablen Wassertemperatur ( $WT\_R$ ), Luftdruck ( $LD\_I$ ), Zeit in 2h Intervallen ( $Z\_Int$ ) und der Abfluss ( $Q\_R$ ) übrig. Mit der zusätzlich erzwungenen Aufteilung der Effektvariable Bewegung ( $BWG$ ), damit nach Laichaufstieg (up) und Laichabstieg (down) getrennt werden konnte.

Formel 2:

$$\{ y_i = f(WT\_R_i, LD\_I_i, Z\_Int_i, Q\_R_i) \} BWG_i$$

### 3.2.1 Zusätzliche Auswertungen

Die Entfernung der Variable Luftdruck ( $LD\_I$ ) hatte Auswirkungen auf die Auf- und Abstiegsbewegungen im Modell (Entscheidungsbaum im Anhang IV; Abbildung 27). Beim Aufstieg fiel die weitere Unterteilung bei den mittleren Wassertemperaturen (7.3 – 9.5 °C) weg (vgl. Abbildung 15), jedoch wurde durch die TREE-Analyse beim Abstieg die komplette erste Aufteilung des Luftdrucks durch die Zeitintervalle ersetzt und neu der Knoten 8 weiter durch den Gesamtniederschlag unterteilt (vgl. Abbildung 16). Die Modellgüte war mit 68.7 % jedoch schlechter als zuvor, dagegen war die Güte der Präsenzdaten mit 80.9 % einiges höher. Im Modell, bei welchem der Niederschlag zusätzlich auch noch entfernt wurde, stieg die Güte der Präsenzdaten noch weiter auf 81.7 % an, jedoch sank die Güte des gesamten Modells auf 67.4 % (Anhang IV; Abbildung 28).

Die Aufhebung der Erzwingung der Bewegungsaufteilung nach Auf- und Abstieg bewirkte, dass beim Anfangsmodell zuerst nach Abfluss aufgeteilt wurde und der Faktor Bewegung gar nicht mehr ins Modell einfluss (Anhang IV; Abbildung 29). Bei dieser TREE-Analyse war die Güte der Präsenzdaten mit 87 % ebenfalls sehr hoch, jedoch war die Güte des gesamten Modells mit 70 % leicht tiefer als die des Ausgangsmodells (vgl. Abbildung 17). Im Modell ohne Erzwingung der Bewegung und ohne die Mehrfachbewegungen änderte sich alles wieder, die TREE-Analyse teilte die Abundanz der Seeforellen zuerst nach dem Luftdruck und dann nach Tageszeit und der Wassertemperatur auf. Mit diesen drei Variablen und ohne Aufteilung nach Auf- und Abstieg (Erzwingung der Bewegung), konnte eine Güte der Präsenzdaten von 90.5 % erreicht werden. Auch hier lag die Güte des gesamten Modells mit 68.5 % unter der des Ausgangsmodells (Anhang IV; Abbildung 30).

### 3.2.2 Unterscheidung nach Geschlecht

Die geschlechterspezifische Aufteilung des Entscheidungsbaums, wurde mithilfe der Gegenüberstellung des Geschlechts versus der Endknoten der vorhergehenden Entscheidungsbaumanalyse, in der Kreuztabelle, erreicht.

Tabelle 8: Kreuztabelle (Endknoten vs. Geschlecht), einzig bei den Knoten 4 und 20 tritt eine geschlechterspezifische Wirkung auf, vgl. z-Wert der Alpha-Adjustierung nach Bonferroni in Tabelle 9.

Kreuztabelle: Endknoten vs. Geschlecht (GS)			GS Geschlecht		Gesamt
	Endknoten-Nr.		1: männlich	2: weiblich	
NodeID Terminal Node Identifier	4	Anzahl	10	33	43
		Korrigierte Residuen	-3.3	3.3	
	6	Anzahl	13	8	21
		Korrigierte Residuen	1.5	-1.5	
	8	Anzahl	24	36	60
		Korrigierte Residuen	-1.1	1.1	
	10	Anzahl	1	2	3
		Korrigierte Residuen	-0.5	0.5	
	11	Anzahl	9	7	16
		Korrigierte Residuen	0.8	-0.8	
	12	Anzahl	19	19	38
		Korrigierte Residuen	0.5	-0.5	
	13	Anzahl	6	2	8
		Korrigierte Residuen	1.7	-1.7	
	15	Anzahl	4	7	11
		Korrigierte Residuen	-0.7	0.7	
	16	Anzahl	1	2	3
		Korrigierte Residuen	-0.5	0.5	
	17	Anzahl	2	5	7
		Korrigierte Residuen	-1.0	1.0	
	18	Anzahl	4	3	7
		Korrigierte Residuen	0.6	-0.6	
	19	Anzahl	4	5	9
		Korrigierte Residuen	-0.1	0.1	
	20	Anzahl	18	4	22
		Korrigierte Residuen	3.5	-3.5	
Gesamt		Anzahl	115	133	248

Tabelle 9: Globaltest der Kreuztabelle (Endknoten vs. Geschlecht) und Alpha-Adjustierung nach Bonferroni, um die Signifikanz der korrigierten Residuen in der Kreuztabelle (Tabelle 8) zu überprüfen.

Globaltest				Alpha-Adjustierung nach Bonferroni	
CHI <sup>2</sup>	df	p	Cramer-V	Alpha	0.05
28.92	12	<b>0.004</b>	<b>0.342</b>	Alpha*	0.05 / (2*13) = 0.0019231
		(sign.)		z (Alpha*)	<b>3.11</b>

Der Globaltest (Tabelle 9) der Kreuztabelle (Tabelle 8) fiel mit  $p = 0.004$  signifikant aus. Die Powermasse Cramer-V lag mit 0.342 im mittleren Bereich. Die Alpha-Adjustierung nach Bonferroni (Tabelle 9) ergab für ein Signifikanzniveau von 95 % einen z-Wert von 3.11 für die korrigierten Residuen. Dies bedeutet, dass in der Kreuztabelle (Tabelle 8) nur die Knoten 4 und 20 signifikant waren.

In Tabelle 10 sind zur Übersicht wiederum die signifikanten Endknoten inklusive ihren Interaktionspfaden (abiotischen Faktoren) dargestellt. Knoten 4 mit der Bedingung Wassertemperatur zwischen 4.9 – 7.3 °C beim Laichaufstieg (up), war nach Tabelle 10 typisch für Rogner (Weibchen) und atypisch für Milchner (Männchen). Hingegen war Knoten 20 mit den Bedingungen, Luftdruck zwischen 1012.1 – 1025.4 hPa und einem Abfluss >4.7 m<sup>3</sup>/s beim Laichabstieg typisch für Milchner und atypisch für Rogner.

Tabelle 10: Signifikante Endknoten und deren Interaktionspfade auf die abhängige Variable (Abundanz). In Spalte 2 wird die Wirkung nach Geschlecht (GS) angegeben, AT = atypisch und T = typisch.

Signifikante Einflussgrößen					
Endknoten-Nr.	Zuweisung nach GS m   w		Bewegung	Wassertemperatur	Luftdruck
4	AT	T	Up	4.90 - 7.30	
20	T	AT	Down		1012.10 - 1025.40
					> 4.70

### 3.2.3 Unterscheidung nach Körperlänge

Bei der Unterscheidung nach Körperlänge in zwei Klassen (<60 cm und ≥60 cm) fiel der Globaltest mit  $p=0.000$  ebenfalls signifikant aus und der Cramer-V-Wert lag mit 0.393 auch im mittleren Bereich (Tabelle 12). Bei den korrigierten Residuen in der Kreuztabelle (Tabelle 11) waren ebenfalls die Knoten 4 und 20 knapp signifikant. Das bedeutete, dass für kleine Seeforellen (<60 cm) die gleichen Bedingungen typisch waren wie für Rogner und für grosse Seeforellen (≥60 cm) die gleichen wie für Milchner (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 11).

Tabelle 11: Kreuztabelle (Endknoten vs. Körperlänge klassiert), einzig bei den Knoten 4 und 20 tritt eine grössenspezifische Wirkung auf, vgl. z-Wert der Alpha-Adjustierung nach Bonferroni in Tabelle 12.

Kreuztabelle: Endknoten vs. Körperlänge klassiert			LG KL Laenge klassiert		Gesamt
	Endknoten – Nr.		1: 30 - <60	2: 60 - 90	
NodeID Terminal Node Identifier	4	Anzahl	29	14	43
		Korrigierte Residuen	3.4	-3.4	
	6	Anzahl	7	14	21
		Korrigierte Residuen	-1.0	1.0	
	8	Anzahl	37	27	64
		Korrigierte Residuen	2.5	-2.5	
	10	Anzahl	2	1	3
		Korrigierte Residuen	0.8	-0.8	
	11	Anzahl	6	10	16
		Korrigierte Residuen	-0.6	0.6	
	12	Anzahl	9	31	40
		Korrigierte Residuen	-3.0	3.0	
	13	Anzahl	2	8	10
		Korrigierte Residuen	-1.6	1.6	
	15	Anzahl	4	7	11
		Korrigierte Residuen	-0.5	0.5	
	16	Anzahl	3	0	3
		Korrigierte Residuen	2.0	-2.0	
	17	Anzahl	4	3	7
		Korrigierte Residuen	0.7	-0.7	
	18	Anzahl	4	4	8
		Korrigierte Residuen	0.3	-0.3	
	19	Anzahl	4	5	9
		Korrigierte Residuen	0.0	0.0	
	20	Anzahl	3	20	23
		Korrigierte Residuen	-3.2	3.2	
Gesamt		Anzahl	114	144	258

Tabelle 12: Globaltest der Kreuztabelle (Endknoten vs. Körperlänge klassiert) und Alpha-Adjustierung nach Bonferroni, um die Signifikanz der korrigierten Residuen in der Kreuztabelle (Tabelle 11) zu überprüfen.

Globaltest				Alpha-Adjustierung nach Bonferroni	
CHI <sup>2</sup>	df	p	Cramer-V	Alpha	0.05
39.85	12	<b>0.000</b>	<b>0.393</b>	Alpha*	0.05 / (2*13) = 0.0019231
		(sign.)		z (Alpha*)	<b>3.11</b>

## 4 Diskussion

### 4.1 Seeforellenpopulation

Im freien Fliessgewässer (ohne künstliches Querbauwerk) gibt es nur sehr wenige Seeforellenerhebungen, die die auf- und absteigenden Seeforellen bei der Laichmigration erfasst haben, denn für Wirkungskontrollen an Fischauf- und -abstiegsanlagen gibt es standardisierte Methoden (Zaugg et al. 2016; Woschitz et al. 2020). Im Rahmen dieser Arbeit konnten in der Laichzeit 2019 in der Hasliaare (inkl. Urbach) mindestens 104 individuengenau bestimmte Seeforellen auf der Fischzählanlage nachgewiesen werden. Die 84 Mehrfachbewegungen (einzelne Milchner bis 14 mal) zeigen, dass der Individuenabgleich dazu beiträgt den erhobenen Bestand nicht zu überschätzen. Im Vergleich wurde bei Zählungen in den Jahren 2014, 2015 und 2016 der Seeforellenbestand oberhalb der Aareschlucht (Hasliaare ab oberhalb Aareschlucht (inkl. Restwasserstrecke), Restwasserstrecken Urbachwasser und Gadmerwasser sowie Wychelbächli) auf 159 bis 215 Seeforellenindividuen geschätzt (Göz 2015; Göz 2016; Meyer et al. 2017). Zudem fand im November 2014 die Entleerung des Räterichsbodensees statt und im September 2015 ging ein starker Murgang aus dem Spreitgraben nieder, nach Meyer et al. 2017 würden sich allfällige Schäden dieser Ereignisse am Seeforellenbestand in den nächsten zwei bis drei Jahren z. B. durch einen deutlichen Rückgang der Anzahl aufsteigender Laichtiere zeigen. Denn ein Ei aus der Laichzeit 2013 war in der Laichsaison 2019 eine 5+ bzw. ein Ei aus der Laichzeit 2014 war in der Laichsaison 2019 eine 4+ Seeforelle. Da in der Zählung vorliegender Untersuchung die Restwasserstrecke Gadmerwasser und das Wychelbächli nicht berücksichtigt wurden, wurde trotz der unterschiedlichen Erfassungsmethoden zu 2014 – 2016 und den oben erwähnten Ereignissen der Bestand der Seeforellen, welche das Untersuchungsgebiet als Laichhabitat nutzten, in der Laichsaison 2019 in die gleiche Grössenordnung, wie in den vorhergegangenen Laichzeiten eingeordnet.

Ebenfalls zu beachten ist der steigende fischereiliche Druck. Bekanntermassen wiesen 8% der nachgewiesenen Seeforellen eine Maxillaverletzung bzw. einen Verlust der Maxilla auf und die Angelfischer sowie dessen Fangzahlen im Brienersee stiegen seit 1997 stetig an (Escher & Vonlanthen 2016; Fischereiinspektorat Kanton Bern 2019). Im Vergleich zu den 104 nachgewiesenen Individuen dieser Arbeit, waren 2018 647 Seeforellen (791 Kg) im Brienersee gefangen worden (Berufs- und Angelfischerei; Fischereiinspektorat Kanton Bern 2020). Die erwähnten Einflussfaktoren zeigen, dass es wichtig ist, die natürliche Reproduktion dieser gefährdeten Art nachhaltig zu gewährleisten.

In Tabelle 13 wurden nicht nur die Anzahl, sondern auch die Grösse und das Geschlechterverhältnis der erhobenen Seeforellen sowie die Hauptaktivität in der Laichzeit (Zeitraum mit den meisten Bewegungen) mit anderen Studien verglichen. Dabei fiel auf, dass die Laichtiere in dieser Studie ungefähr gleich gross waren, wie in der Erfassung von 2015 (Göz 2016; Meyer et al. 2017). Des Weiteren zeigte sich in der Laichsaison 2019 in der Restwasserstrecke der Hasliaare eine ausgeprägte Hauptaktivität in der Laichzeit, welche von Anfang Oktober bis Ende November dauerte. Die längere Hauptlaichzeit könnte auf die Möglichkeit hinweisen, dass die Seeforellen zu weiter oberhalb liegenden Laichgebieten (Schlucht der Hasliaare sowie Urbachwasser) aufsteigen. Oder sie könnte auf die wärmeren Wassertemperaturen oder die erhöhten Abflüsse (niederschlagsreicher und warmer Oktober (MeteoSchweiz 2019)) zurückzuführen sein. Das Resultat zur Hypothese 4, Boxplot in Abbildung 11 zur Aufenthaltsdauer im Laichgebiet, hat

gezeigt, dass die längere Aufenthaltszeit in der Hasliaare hauptsächlich auf die Milchner zurückzuführen war. Leider konnte die Hypothese nicht bestätigt werden, da die Stichprobe zu klein war. Die Studien von Aarestrup & Jepsen (1998) und Caviezel (2006) würden diese Erkenntnis jedoch bestätigen.

Tabelle 13: Vergleich der erhobenen Daten dieser Seeforellenzählung mit Seeforellenzählungen anderer Studien.

Gewässer / Studie	Erhebungs-jahr	Anzahl Seeforellen-individuen	Haupt-aktivität Laichzeit	Ø-Grösse Milchner	Ø-Grösse Rogner	Grösster Milchner / Rogner	Anteile Milchner / Rogner
Hasliaare, Urbachwasser / MA Greter	2019	104	Okt. – Nov.	64 cm	54 cm	90 cm / 80 cm	33.7 % / 66.3 %
Gadmerwasser / Meyer et al. 2019	2018	36	Ende Okt. – Mitte Nov.	58 cm	53.6 cm	80 cm / 72 cm	46.2 % / 53.8 %
Grosse Melchaa / Schläppi et al. 2019	2018	58	Nov. – Anfang Dez.	55.3 cm	53.9 cm	80 cm / 65 cm	55.2 % / 44.8 %
Hasliaare, Urbachwasser, Gadmerwasser, Wyhelbächli / Göz 2015; Göz 2016; Meyer et al. 2017	2014 2015 2016	159 - 215	Mitte Okt. – Mitte Nov.	2015: 65.6 cm	2015: 55.6 cm	2014: 92 cm / - 2015: 87 cm / 70 cm	2014: 32 % / 68 % 2015: 25 % / 75 %
Rhein / Mendez et al. 2017	Winter 2015 / 16	608 gezählt (kein Abgleich)	-	55 cm		85-90 cm	-

## 4.2 Verhalten der Seeforellen

Beim Laichaufstieg (Hypothese 1a) scheint die Wassertemperatur einer der Hauptauslöser zu sein, sie wurde von der Entscheidungsbaumanalyse als oberste Aufteilung gewählt. Hinsichtlich limitierender Wirkung fiel auf, dass bei Wassertemperaturen unter 4.9 °C keine Seeforelle über die Zählanlage aufstieg. Aus der Literatur ist bekannt, dass unter 3 °C keine Aufwärtsmigration mehr stattfindet (Crisp 2000). Funk et al. (2015) stellten fest, dass nach einem Kälteeinbruch die Wassertemperatur in der Hasliaare bis auf 3.4 °C sank und sich die Laichaktivität der Seeforellen ins 7.2 °C warme Wyhelbächli (Quellbach) verlagerte. Nach Küttel et al. (2002) bevorzugt *Salmo trutta* Wassertemperaturen von 14 – 17 °C bzw. beim ablaichen Temperaturen von 7 – 13 °C und tatsächlich fanden beim Aufstieg ein Grossteil der Bewegungen bei den wärmeren gemessenen Temperaturen (8 – 11 °C) statt (Abbildung 19). Jedoch lag die Wassertemperatur im Untersuchungszeitraum (Laichsaison 2019) bis anfangs November fast ausschliesslich in diesem Bereich (Abbildung 23).

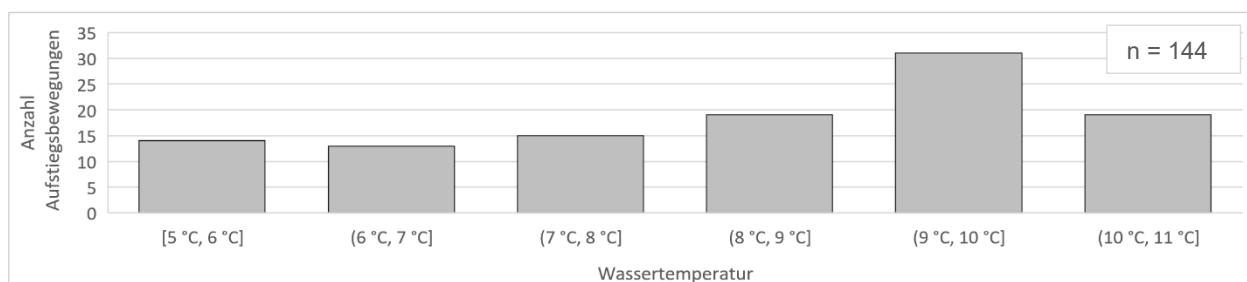


Abbildung 19: Histogramm der Anzahl Aufstiegsbewegungen bei den verschiedenen Wassertemperaturen.

Gemäss Entscheidungsbaumanalyse beeinflussen nach der Wassertemperatur, der Luftdruck und die Tageszeit den Aufstieg. Eine Tendenz zu mehr Nachtbewegungen war klar erkennbar (Abbildung 18), welche sich mit den Studien von Crisp (2000), Rustadbakken et al. (2004), Mendez (2007) und Meyer et al. (2019) bestätigen lässt. Der Luftdruck war über den ganzen Oktober (Hauptaufstiegszeit) relativ konstant (zwischen 1006 – 1022 hPa), weshalb viele Seeforellenaufstiegsbewegungen auch in diesem Bereich registriert wurden (Abbildung 20).

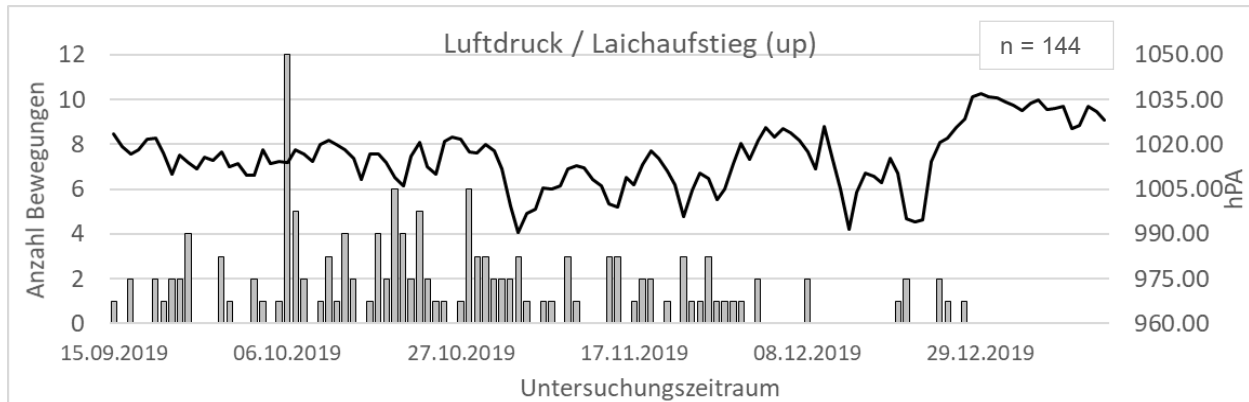


Abbildung 20: Gemessener Luftdruck (Tagesmittelwerte) mit der Anzahl Aufstiegsbewegungen während des Untersuchungszeitraums.

Beim Laichabstieg (Hypothese 1b) war der Luftdruck die oberste Aufteilung des Modells der Entscheidungsbaumanalyse. Signifikant typisch für Seeforellenabstiege war tiefer Luftdruck ( $<1012.1$  hPa) und genau gegenteilig, signifikant atypisch war hoher Luftdruck ( $>1025.4$  hPa). Nach Bös et al. (2012) scheint der Luftdruck ebenfalls ein Auslöser für den Fischabstieg zu sein und bei Schulz & Berg (1992) war der Luftdruck jedoch nicht signifikant aber die grösste Schwimmaktivität fand bei Regenwetter statt. Solomon (1978), welcher die Migration von jungen Lachsen (*Salmo salar*) und Meerforellen (*Salmo trutta*) untersuchte (Smolts), hingegen schreibt, dass der Luftdruck die Migration nicht zu beeinflussen scheint. Mendez et al. (2017) massen den Luftdruck bei ihrer Wirkungskontrolle zum Fischabstieg ebenfalls, dieser schien jedoch den Abstieg nicht zu beeinflussen, hing jedoch meist mit sich ändernden Abflussregimen zusammen.

Die Abstiegsbewegungen bei mittlerem Luftdruck ( $1012.1 - 1025.4$  hPa) wurden vom Modell weiter nach Abfluss aufgeteilt. Klare Tendenz hier, die Seeforellen nutzten erhöhte Abflüsse ( $>4.7$  m<sup>3</sup>/s) für den Abstieg (Abbildung 21), dieser Interaktionspfad war im Modell signifikant typisch. Diese Erkenntnis bestätigen die

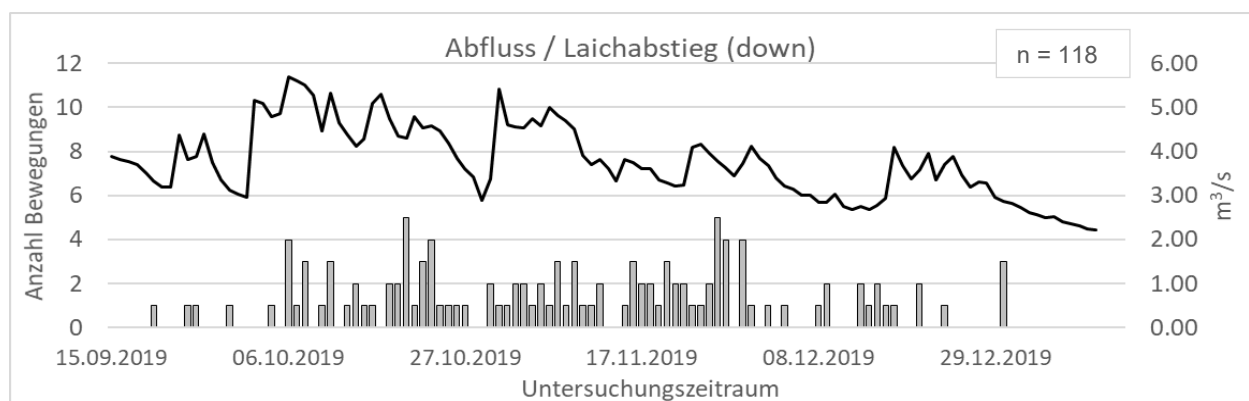


Abbildung 21: Verlauf des Abflusses (Tagesmittelwerte) mit der Anzahl Abstiegsbewegungen während des Untersuchungszeitraums.



Zitate der Studien von Mendez et al. (2017): *„Es scheint so, als würden die Seeforellen die Abflusserhöhungen für einen energiesparenden Abstieg nutzen“* und Rey & Hesselschwerdt (2017): *„Die Ergebnisse mit PIT-Tag-besenderten Fischen belegen, dass ein Grossteil der Seeforellen Hochwasser bzw. höhere Abflüsse für den Einstieg und die Rückwanderung in die Steinach nutzen“*. Hingegen war niedriger Abfluss ( $<3.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) signifikant atypisch. Der Abfluss und die daraus resultierende Wassertiefe war in der Laichsaison 2019 weder beim Laichauf- noch beim -abstieg limitierend, da grosse Seeforellen ( $>60 \text{ cm}$ ) bei allen Abflussverhältnissen wanderten (Abbildung 22).

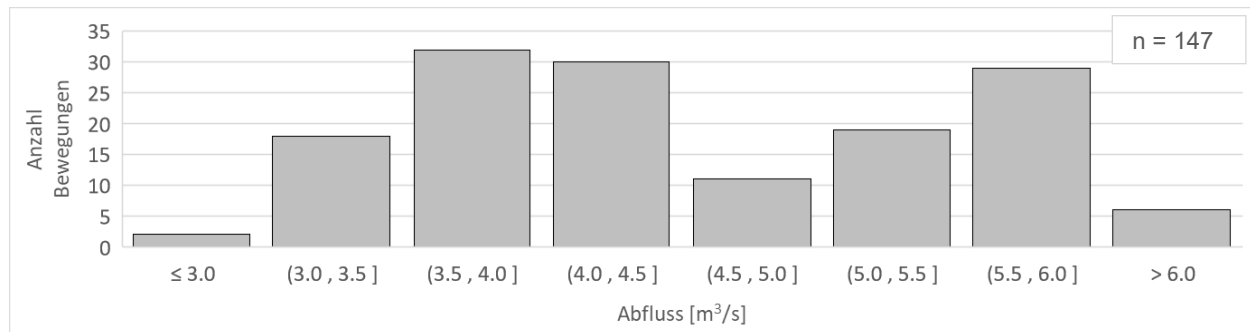


Abbildung 22: Histogramm der Bewegungsaktivität bei unterschiedlichen Abflüssen der grossen Seeforellen ( $\geq 60 \text{ cm}$ ) beim Laichauf- und -abstieg.

Im Modell ohne Erzwingung der Bewegung nach Auf- und Abstieg (also über die gesamte Laichwanderung; Abbildung 29, Anhang IV), war der Abfluss im Entscheidungsbaum die oberste Aufteilung (Kapitel 3.2.1 Zusätzliche Auswertungen). Bei den Zusammenhangsmasse in  $\text{ETA}^2$  hatte der Abfluss als einziger abiotischer Faktor einen sehr schwachen Einfluss beim Laichaufstieg (Anhang III). Wie die zuvor diskutierten Ergebnisse gezeigt haben, muss allerdings berücksichtigt werden, dass sich die Verhaltensmuster von auf- und absteigenden Seeforellen unterscheiden. Im Entscheidungsbaum (Abbildung 29) ist zusehen, dass 236 der 269 Seeforellenbewegungen (Präsenz) bei Abflüssen  $>3.2 \text{ m}^3/\text{s}$  stattfanden und bei Abflüssen  $>4.7 \text{ m}^3/\text{s}$  fanden noch 74 Bewegungen statt. In Abbildung 21 ist am Verlauf des Abflusses zu sehen, dass der Abfluss während der Laichsaison oft über den vom Entscheidungsbaum gewählten  $>3.2 \text{ m}^3/\text{s}$  lag und tiefere Abflüsse erst gegen Ende der Laichsaison auftraten. Grundsätzlich sind ausreichende Abflüsse bzw. Wassertiefen für die Seeforellenwanderung nötig. Aussagen in der Literatur, dass zu geringer Abfluss limitierend wirken kann bestätigen dies (Jonsson & Jonsson 2009; Garbe et al. 2016).

Die Hypothese 1, welche die Beeinflussung der abiotischen Faktoren (Tabelle 1) auf den Laichaufstieg bzw. -abstieg der Seeforellen in der Restwasserstrecke Hasliaare beinhaltet, konnte somit nur teilweise bestätigt werden, da nicht alle, in der Hypothese aufgezählten abiotische Faktoren, die Laichwanderung beeinflussten und die abiotischen Faktoren, welche auf die Laichwanderung wirkten, sich nur teilweise signifikant vom Referenzdatensatz unterschieden. Die Auswertung hat gezeigt, dass die Laichwanderung und das Verhalten der Seeforellen durch abiotische Faktoren beeinflusst wurde, indem sie Impulse auslösten oder limitierend wirkten. Zudem könnten auch andere Faktoren, welche nach aktuellem Wissensstand nicht berücksichtigt wurden, die Laichwanderung beeinflusst haben, wie beispielsweise Hormone im Gewässer.



Geschlechterspezifische Unterschiede im Kontext abiotischer Faktoren (Hypothese 2) zeigten sich aus der Analyse nur zwei. Bei der Aufwärtsmigration stiegen die Rogner eher bei niedrigeren Wassertemperaturen auf ( $4.9 - 7.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), als die Milchner. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Milchner in dieser Studie eher früher in der Laichsaison aufstiegen, also bei wärmeren Temperaturen als die Rogner (Abbildung 23). Gleich wie bei der Studie von Rippmann (1987). Die Milchner stiegen nicht nur tendenziell früher auf, sondern führten auch mehr Suchbewegungen aus, dies zeigte ein Vergleich der Anzahl Passagen mit der Individuenzahl (119 zu 35 bei den Milchnern gegenüber 136 zu 69 bei den Rognern). Die Untersuchung von Meyer et al. (2019) im Gadmerwasser bestätigt dies.

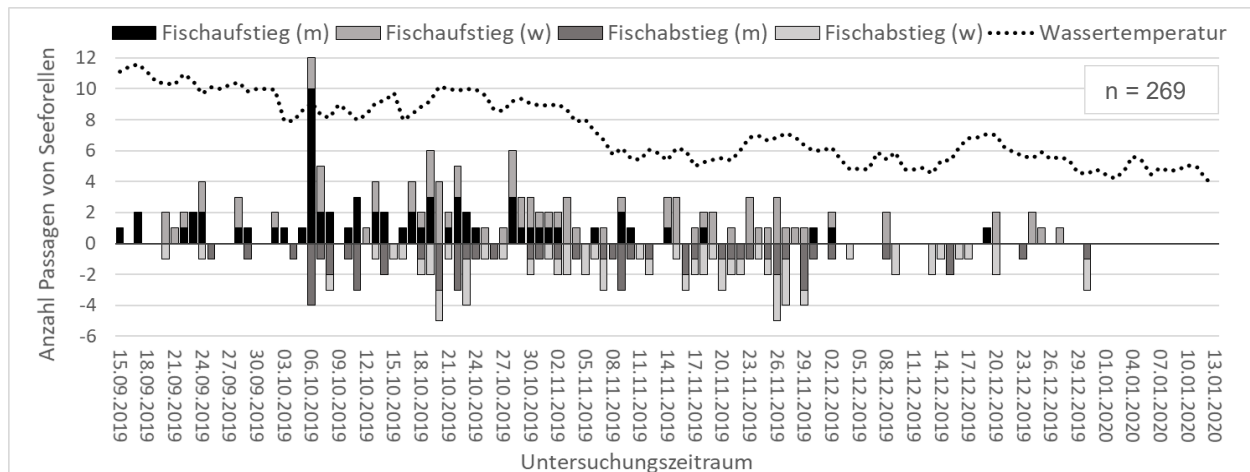


Abbildung 23: Anzahl Passagen (Bewegungen) von Seeforellen während des Untersuchungszeitraums, unterteilt nach Geschlecht (m / w) und Bewegungsrichtung (up / down), inkl. des Wassertemperaturverlaufs (Tagesmittelwerte).

Der zweite Unterschied zeigte sich beim Abstieg. Bei mittlerem Luftdruck ( $1012.1 - 1025.4\text{ hPa}$ ) und hohem Abfluss ( $>4.7\text{ m}^3/\text{s}$ ) stiegen hauptsächlich Milchner ab, dies könnte auf die Grösse der Tiere zurückzuführen sein. Denn die gleichen zwei Unterschiede traten auch bei der Analyse der Körpergrössen (Hypothese 3) auf, denn die durchschnittliche Länge der Milchner war  $10\text{ cm}$  grösser als die der Rogner. Dies lässt schlussfolgern, dass wenn erhöhte Abflüsse auftreten, diese von den grossen Seeforellen für den Laichabstieg auch genutzt werden, wie dies auch in den Studien von Mendez et al. (2017) und Rey & Hesselschwerdt (2017) beim Abstieg der Seeforellen beobachtet wurde. Abstiegsbewegungen von Seeforellen  $\geq 60\text{ cm}$  fanden aber bei allen Abflussverhältnissen statt (Abbildung 24).

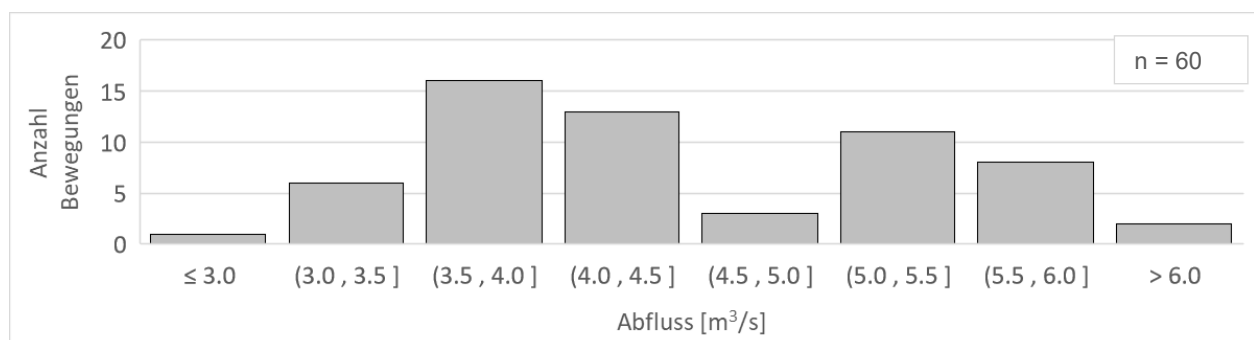


Abbildung 24: Histogramm der Abstiegsbewegungen der grossen Seeforellen ( $\geq 60\text{ cm}$ ) bei den unterschiedlichen Abflüssen

Die Ergebnisse der Hypothesen 2 (geschlechterspezifische Unterschiede) und Hypothese 3 (Körperlänge bezogene Unterschiede) sind wegen zu geringer Fallzahlen nicht mit strenger statistischer Signifikanz, sondern nur als Trendaussage zu betrachten. Die Hypothesen 2 und 3 konnten somit nur teilweise bestätigt

werden, denn die abiotischen Faktoren wirkten nicht stärker oder schwächer, sondern einfach teilweise anders und daraus konnten, wie vorher beschrieben, unterschiedliche Verhalten abgeleitet werden.

Beim Abstieg ebenfalls aufgefallen war, dass 82 % der weiblichen Tiere mit dem Kopf flussabwärts gerichtet abstiegen, hingegen waren es bei den Männchen nur 41 %. Diese Zahlen beinhalten jedoch auch die Suchbewegungen, trotzdem konnte die Aussage von Hefti (2012), dass die meisten Fische mit der Schwanzflosse flussabwärts absteigen, bei den Seeforellen der Hasliaare nicht bestätigt werden. Dabei war der durchschnittliche Abfluss bei den Rognern ( $3.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wie auch bei den Milchneern ( $4.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), welche mit dem Kopf flussabwärts abstiegen, tiefer als der durchschnittliche Abfluss jener Seeforellen (Rogner =  $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$  und Milchner =  $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ), welche mit der Schwanzflosse flussabwärts abstiegen. Auch waren die Tiere, welche mit der Schwanzflosse flussabwärts abstiegen, im Durchschnitt grösser als die die mit dem Kopf flussabwärts abstiegen.

Im Allgemeinen zeigte sich im Kapitel 3.2.1 Zusätzliche Auswertungen, dass sich die Interaktionspfade des Entscheidungsbaums schon bei kleinen Veränderungen in der Ausgangslage stark änderten oder sogar durch andere abiotische Faktoren ausgetauscht wurden. Dies zeigt, dass das Modell noch unsicher ist und mit Wiederholungen solcher Versuche und somit grösserer Datengrundlage weiter stabilisiert und entwickelt werden könnte.

Beachtet werden muss weiter, dass in der, dem Untersuchungsstandort zuvor liegenden, Schwallstrecke die Bedingungen sehr unterschiedlich waren (Anhang V – Diagramme zur Schwallstrecke) und die Seeforellen beim Aufstieg zuerst diese durchqueren mussten. Wie weit das von Schwall/Sunk beeinflusste Abflussregime auf die Laichwanderung der Seeforellen einwirkte, konnte in dieser Studie nicht abgeschätzt werden. Die maximalen Abflüsse waren aber während der Laichsaison tiefer als noch Ende Sommer 2019 (Abbildung 32, Anhang V), dies könnte Einfluss auf den Zeitpunkt des Einstiegs vom See in die Schwallstrecke gehabt haben. In der zweiten Hälfte des Novembers gab es zudem eine längere Phase mit geringem Schwall/Sunk. Mendez (2007) beobachtete beispielsweise, dass bei weniger Schwall/Sunk-Ereignissen die Seeforellen längere Wanderdistanzen zurücklegten und dass nach Hochwasserereignissen einige Seeforellen stationär blieben.

Er vermutet, dass für den Unterbruch der Wanderung auch die Trübung verantwortlich sein könnte, hat sie jedoch nicht gemessen (Mendez 2007). Dies zeigt auch der erhöhte Trübungsanstieg in der Schwallstrecke vom 09.10.19 dieser Untersuchung, der die Laichwanderung in der Hasliaare, wie es scheint, unterbrochen hat (Abbildung 31, Anhang V). Dies müsste aber genauer untersucht werden, denn in der Entscheidungsbaumanalyse der abiotischen Faktoren aus der Restwasserstrecke war die Trübung nicht von Bedeutung. Nach Bjornn & Reiser (1991) wandern Salmoniden bei Feststoffkonzentrationen über  $4,000 \text{ mg/L}$  nicht mehr.

Was in der Schwallstrecke ebenfalls vorstellbar ist, ist das Wassertemperaturrückgänge unter  $4.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  zu Unterbrechungen oder Hemmungen der Laichwanderung führen könnten (Abbildung 33). Durch direkt Ableitungen des kalten Gletscherwassers in die Turbinen verändert Schwallabfluss die Wassertemperaturen und kann deswegen auch die Laichwanderung beeinträchtigen (Baumann & Klaus 2003). Allgemein können die unnatürlich ändernden Bedingungen (Pegel, Abfluss, Fliessgeschwindigkeit,

Wassertemperatur und Trübung) sich in der Schwallstrecke negativ auf die Laichwanderung auswirken (Baumann & Klaus 2003; Schweizer et al. 2013). Die Seeforellen mussten sich bei der Durchquerung der Schwallstrecke stets an die neuen Bedingungen anpassen und haben in der kanalisierten Strecke weniger Rückzugsorte.

Schlussendlich müssen die abiotischen Faktoren, die die Laichwanderung beeinflussen, in zwei Kategorien unterteilt werden. Die erste Kategorie beinhaltet Faktoren, welche die Bedingungen im Lebensraum Fließgewässer direkt beschreiben. Hierzu gehören der Abfluss (hydraulische Bedingungen), die Wassertemperatur, die Trübung und die Wasserqualität. Bei diesen Faktoren wird davon ausgegangen, dass es bei jedem Faktor obere und teilweise auch untere Schwellenwerte gibt, welche bei Über- / Unterschreitungen die Laichwanderung der Seeforellen limitieren können. Liegen die Faktoren der Kategorie 1 während einem Grossteil der Laichsaison im Bereich ohne Limitierungen, beschreiben Faktoren der Kategorie 2 die Laichwanderung vermutlich genauer. Der Zeitpunkt im Jahr sollte ebenfalls beachtet werden, denn während der Hauptlaichzeit (Oktober und November) hat es beispielsweise in der Hasliaare sicherlich mehr Seeforellen. Faktoren der Kategorie 2 sind Umweltfaktoren wie Lichtverhältnisse und Wetterverhältnisse, welche einerseits einige Faktoren der ersten Kategorie beeinflussen und andererseits auch das Verhalten der Seeforellen direkt. Dabei dürfen die biotischen Einflüsse auf die Seeforellen nicht vergessen werden (Lennox et al. 2019). Ziel sollte es sein, die Gewässer so zu revitalisieren und sanieren, dass die Faktoren der Kategorie 1 nicht durch anthropogene Einflüsse limitierend wirken, damit die Seeforellen die Laichwanderung möglichst ungestört durchführen können. Dazu sollte auch die Morphologie des Gewässers einbezogen werden, damit künstliche Abstürze und Schwellen entfernt sowie mehr Dynamik und mehr Rückzugsräume für Extremereignisse geschaffen werden können.

### 4.3 Methodenüberprüfung

Vorteile der gewählten Methode waren, dass die Seeforellen nicht gefangen werden mussten, die Laichmigration kaum beeinflusst wurde und eine permanente Datenerfassung mit nur einer Messstelle möglich war. Nachteil der Methode war der relativ hohe Reinigungs- / Unterhaltsaufwand, welcher jedoch stark vom Wetter während des Untersuchungszeitraums abhängig war. Die Einbauweise der Zählanlage wurde hinsichtlich Auffindbarkeit und Passierbarkeit auf die Zielart optimiert (2.2.1 Erfassung der Seeforellen). Die regelmässigen Kontrollen ergaben keine Indizien, dass die Fischzählanlage für die Seeforellen ein Wanderhindernis darstellen könnte. Die Überprüfung möglicher Einwirkungen des Scheinwerfers oder der Zählanlage selbst auf das Verhalten der Seeforellen, wurde im Vorfeld durch Meyer et al. 2019 im Gadmerwasser 2018 untersucht, dabei wurde keine Verhaltensänderung beobachtet.

Der ausgewählte Standort wurde favorisiert, weil er sich für die definierten Bedingungen Flussbreite, Strömungsverhältnisse, Strombezug für die Anlage, Zugänglichkeit und Hochwassersicherheit am besten eignete. Besonders die Hochwassersicherheit war für eine kontinuierliche Datenaufnahme von Bedeutung und war an dieser Stelle, durch eine Ausweitung der benetzten Fläche von 24 m bis 32 m bestmöglich gegeben. Ebenfalls wurde darauf geachtet, dass der Standort am Ende (Flussabwärts) der Restwasserstrecke (Beginn der Schwallstrecke) lag, damit möglichst alle Seeforellen, welche die Restwasserstrecke als Reproduktionsraum nutzten, erfasst wurden.

Auf dem Video des zufällig gewählten 20.10.19 wurden 10 Seeforellenbewegungen und 33 Bachforellenbewegungen erkannt, der RFC hat ebenfalls 10 Seeforellenbewegungen, 7 Bachforellenbewegungen und 4 elektrische Rauschen registriert. Somit erkannte der RFC alle Seeforellenbewegungen in der Stichprobe. Im ganzen Untersuchungszeitraum wurden 2 sehr schnelle Seeforellenabstiegsbewegungen (Down) bei den Auswertungen entdeckt, welche vom RFC nicht erkannt worden waren. Die folgend aufgelisteten Gründe zeigen weitere Unsicherheiten, welche auch dazu beitrugen, dass die Anzahl Abstiegsbewegungen ( $n = 118$ ) nicht der Anzahl Aufstiegsbewegungen ( $n = 144$ ) entspricht:

- kleinere Seeforellen wurden beim Aufstieg (Up) registriert und beim Abstieg (Down) nicht mehr, da viele Oberflächennah abstiegen und somit weiter von den Elektroden entfernt waren (schwächeres oder kein Signal),
- der Abstieg über den Zaun war bei Hochwasser teilweise möglich (Anhang II –Dokumentation Hochwasserabflüsse),
- einzelne Seeforellen waren wahrscheinlich nach dem Laichen verendet,
- einzelne Seeforellen befinden sich möglicherweise noch bis ins Frühjahr in grossen Pools oberhalb des RFC und
- 6 Seeforellen wurden beim Laichfischfang entnommen und nicht mehr oberhalb des RFC ausgesetzt.

Die Einordnung der Trübungsmessung anhand von Stichproben des Absetzvolumens (Schwebstoffe), lagen bis auf eine, alle unter 0.1 ml/L Absetzvolumen (bei NTU-Werten zwischen 1.5 und 4), obwohl nur bei erhöhten NTU-Werten Stichproben genommen wurden. Die eine Stichprobe die bei 33 ml/L Absetzvolumen zu 2804 NTU (Trübung) lag, war auf einen kleinen Murgang vom 02.10.2019 im Spreitgraben oberhalb von Guttannen zurückzuführen.

#### 4.4 Wichtige Anmerkungen

Die Datenaufnahme im Fliessgewässer konnte dank regelmässigem Reinigungsaufwand erfolgreich bewältigt werden. Durch den trüben Herbst mit bis zu 170 % Niederschlag gegenüber dem langjährigen Mittel (MeteoSchweiz 2019) und einem der mildesten Winter seit Messbeginn (MeteoSchweiz 2020), traten immer wieder erhöhte Abflüsse und Hochwasser auf (Anhang II – Dokumentation Hochwasserabflüsse). Trotzdem war das Fischleitsystem nur selten überströmt und wäre dabei für Aufstiegsbewegungen wegen dem darunterliegenden Kolktschutz für die Seeforellen immer noch sehr schwierig zu passieren gewesen. In den Monaten Oktober und November 2019 fand der traditionelle Laichfischfang der lokalen Fischer statt. Die gefangenen sowie entnommenen Seeforellen wurden dabei fotografiert und ebenfalls mit den Bildern der Fischzählanlage abgeglichen. Alle diese Seeforellen wurden auf der Fischzählanlage erfasst. Auch wurde mithilfe von mobilen Unterwasserkameras überprüft, wie weit die Seeforellen in die Restwasserstrecke Hasliaare aufstiegen. Die oberste Seeforelle wurde in der Laichsaison 2019 in Boden bei der Einmündung Golpenlauri (4.5 km nach der Fischzählanlage) entdeckt.

Nach Haas & Peter (2009) können die Seeforellen nach der Zählanlage etwa sechs weitere Kilometer in der Restwasserstrecke bis fast nach Guttannen aufsteigen, bis sie von einer Abfolge von natürlichen Wanderhindernissen (Steilstufen) allmählich daran gehindert werden. Denn auf diesen sechs weiteren Kilometern müssen die Seeforellen 240 Höhenmeter überwinden. Bei den ersten 15.4 km bis zur Fischzählanlage sind es gerade mal 60 Höhenmeter (Bundesamt für Landestopografie 2019).

## 5 Fazit

Die Erfassung der Seeforellen in der Restwasserstrecke Hasliaare dauerte vom 13.09.2019 bis zum 13.01.2020. Insgesamt wurden 269 Seeforellenbewegungen registriert, davon waren 144 Aufstiegsbewegungen, 118 Abstiegsbewegungen und 7 Events (Seeforellen, die in die Zählanlage schwammen, diese aber nicht überquerten). Die erste Seeforelle wurde am 15.09.2019 und die Letzte am 30.12.2019 erfasst. Der Median der Anzahl der Bewegungen wurde am 28.10.2019 erreicht. Durch die individuen-genaue Bestimmung (Punktmusterabgleich) konnten 104 Seeforellen identifiziert werden, dabei handelte es sich bei 66.3 % der Tiere um Rogner und bei 33.7 % um Milchner.

Aus der statistische Datenanalyse der Wirkung der abiotischen Faktoren auf die Laichwanderung und das Verhalten der Seeforellen, konnten für die Restwasserstrecke Hasliaare nachfolgende Aussagen abgeleitet werden. Die gesamte Laichmigration der Seeforellen findet vorzugsweise bei Dunkelheit statt.

Beim Laichaufstieg steigen Milchner und grössere Rogner ( $\geq 60$  cm) tendenziell früher in der Laichsaison auf als kleinere Seeforellen, zudem bleiben Milchner länger im Laichgebiet und haben eine ausgeprägtere Suchphase. Wassertemperaturen unter  $4.9^{\circ}\text{C}$  können die Laichmigration flussaufwärts unterbrechen bzw. hemmen.

Wenn erhöhte Abflüsse auftreten, werden diese von den grossen Seeforellen ( $\geq 60$  cm) für den Laichabstieg genutzt. Abstiegsbewegungen von Seeforellen  $\geq 60$  cm fanden aber bei allen Abflussverhältnissen statt. Auch wird von den Seeforellen für den Abstieg tiefer Luftdruck bevorzugt, zum einen ist unter solchen Verhältnissen die Wahrscheinlichkeit für Regen und somit für höhere Abflüsse grösser und zum anderen hat hoher Luftdruck während der Abstiegsphase (Nov – Dez) meistens zur Folge, dass durch die kalten Nächte die Wassertemperatur sinkt.

## 6 Ausblick

In erster Linie sollten die Schwellenwerte für Abfluss, Wassertemperatur und Trübung spezifisch bei der Laichwanderung genauer untersucht werden, da davon ausgegangen wird, dass diese schon vor Erreichen der kritischen Bereiche des Überlebens zu Unterbrüchen in der Laichwanderung führen können. Bei der Festlegung dieser Schwellenwerte gibt es in der Literatur grosse Unterschiede, wie die Zusammenstellung von Küttel et al. (2002) für Temperaturlimits zeigt. Mit solchen Untersuchungen könnte auch der Einfluss von hohen Trübstoffkonzentrationen überprüft werden.

Zur Überprüfung der Resultate dieser Arbeit wäre eine oder mehrere Wiederholungen solcher biologischen Wirkungskontrollen empfehlenswert, beispielsweise auch an Fliessgewässern, welche anthropogen oder hydraulisch weniger stark beeinflusst sind, damit Vergleichswerte aus naturnäheren Strecken entstehen. Strecken ohne vorgelagerte Schwallstrecke wären dabei wertvoll. Durch andere Wetterverhältnisse in zukünftigen Untersuchungen könnte die Wirkung des Abflusses, der Wassertemperatur und der Trübung vertiefter analysiert werden. Damit könnte das Modell der Entscheidungsbaumanalyse weiter stabilisiert und entwickelt und das Verhalten der Seeforellen weiter erforscht werden. Zudem sollte in Zukunft sicherlich wieder die lokale Luftdruckmessung beigezogen oder der Luftdruck selbst gemessen werden, um den Einfluss zu überprüfen. Der Einfluss von Schwallstrecken auf die Laichwanderung, respektive auf das Verhalten der Seeforellen sollte ebenfalls untersucht werden, möglicherweise mithilfe der Telemetrie. Die gewählte Methode hat sich bewährt und wäre eine mögliche Standardmethode für Populationserhebungen von Wandersalmoniden, um diese untereinander zu vergleichen.

## 7 Literaturverzeichnis

- Aarestrup, K. & Jepsen, L. (1998): Spawning migration of sea trout (*Salmo trutta* (L)) in a Danish river. *Hydrobiologia* 371/372: p. 275 - 281.
- Adam, B. & Lehmann, B. (2011): Ethohydraulik - Grundlagen, Methoden, Erkenntnisse. Heidelberg: Springer.
- Adam, B., Bosse, R., Dumont, U., Göhl, C., Görlach, J., Heimerl, S., Kalusa, B., Krüger, F., Redeker, M., Schwevers, U., Sellheim, P., Schrenk, G. (2014): DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 509: Fischauftstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA): 334 S.
- Anderberg, M.R. (1973): Cluster Analysis for Applications. New York: Academic Press.
- Aschwanden, H. & Kann, C. (1999): Niedrigwasser – Grundlagen zur Bestimmung der Abflussmenge  $Q_{347}$ . Hydrologischer Atlas der Schweiz. Wabern-Bern: Bundesamt für Landestopografie.
- Baudoin, J.M., Burgun, V., Chanseau, M., Larinier, M., Ovidio, M., Sremski, W., Steinbach, P., Voegtli, B. (2014): Assessing the passage of obstacles by fish - Concepts, design an application. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA): 200 p.
- Baumann P. & Klaus I. (2003). Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes: Ergebnisse einer Literaturstudie. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): 112 S.
- Bjornn, T.C. & Reiser, D.W. (1991): Influences of Forest and Rangeland Management on Salmonid Fishes and Their Habitats. Chapter 4: Habitat Requirements of Salmonids in Streams. American Fisheries Society Special Publication 19: p. 83 - 138.
- Bortz, J. (2005): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer.
- Bös, T., Egloff, N., Peter, A. (2012): Massnahmen zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs an grösseren, mitteleuropäischen Flusskraftwerken. Zwischenbericht zum Literaturstudium der Eawag: 177 S.
- Braun, D., McCubbing, D., Ramos-Espinoza, D., Chung, M., Burroughs, L., Burnett, N., Thorley, J., Ladell, J., Melville, C., Chillibeck, B., Lefevre, M. (2016): Technical, Logistical, and Economic Considerations for the Development and Implementation of a Scottish Salmon Counter Network. *Scottish Marine and Freshwater Science*, Vol 7, No 2: p. 1 - 267.
- Braun, D.C., Ramos-Espinoza, D., Burnett, N.J., Chung, M., Buchanan, J. (2017): Peace River Bull Trout Spawning Assessment - A Pilot Study to Assess the Feasibility of a Resistivity Counter and Passive Integrative Transponder Antenna in the Chowade River (Mon-1b, Task 2b). Vancouver: Stream Fisheries Research.

- Bühl, A. & Zöfel, P. (2002): Erweiterte Datenanalyse mit SPSS - Statistik und Data Mining. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Bundesamt für Landestopografie (2019): Schweizer Landeskarte. Abgerufen am 10.12.2019 von <https://map.geo.admin.ch/>
- Bundesamt für Umwelt (2018): Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer». Abgerufen am 24.11.2018 von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/massnahmen-zum-schutz-der-gewaesser/renaturierung-der-gewaesser/vollzugshilfe--renaturierung-der-gewaesser-.html>.
- Bundesamt für Umwelt (2019a): Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bundesamt für Umwelt (BAFU): 99 S.
- Bundesamt für Umwelt (2019b): Auswirkungen des Vollzugs der Restwasserbestimmungen im Gewässerschutzgesetz (GSchG) auf die Produktion bei Wasserkraftwerken. Mitteilung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK): 7 S.
- Bundesamt für Umwelt (2020a): Provisorische Daten Abfluss, Station Aare - Brienzwiler. Hydrologische Daten und Vorhersagen. Bern-Ittigen: Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie.
- Bundesamt für Umwelt (2020b): Provisorische Daten Wassertemperatur, Station Aare - Brienzwiler. Hydrologische Daten und Vorhersagen. Bern-Ittigen: Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie.
- Bundesgesetz über die Fischerei (BGF). (1991). SR 923.0, (Stand am 1. Mai 2017).
- Buttiker, B., & Matthey, G. (1986): Migration of the Brown Trout (*Salmo-Trutta-Lacustris* L) in Lake Geneva and Its Tributaries. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie-Swiss Journal of Hydrology, 48(2): p. 153 - 160.
- Caviezel, R. (2006): Reproduktion der Seeforelle im Vorderrhein. Diplomarbeit ETH Zürich / EAWAG.
- Ceballos, À.C. (2020): *Salmo trutta lacustris* - Injured Report. Interner Bericht der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), unveröffentlicht.
- Coyle, C.L., & Reed, D. (2012): Assessment of the performance of a flat panel resistivity fish counter at Peterson Creek, 2007 and 2008. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Data Series No. 12 - 78: p.1 - 35.
- Crisp, D.T. (2000): Trout and Salmon: Ecology, Conservation and Rehabilitation. Oxford: Fishing News Books.
- Dahl, J., Dannewitz, J., Karlsson, L., Petersson, E., Löf, A., Ragnarsson, B. (2004): The timing of spawning migration: implications of environmental variation, life history, and sex. Canadian Journal of Zoology 82: p. 1864 - 1870.

- Denic, M. & Geist, J. (2010): Habitat suitability analysis for lacustrine brown trout (*Salmo trutta*) in Lake Walchensee, Germany: implications for the conservation of an endangered flagship species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20: p. 9 - 17.
- Dönni, W., Boller, L., Zaugg, C. (2016): Mindestwassertiefen für See- und Bachforellen – Biologische Grundlagen und Empfehlungen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU): 42 S.
- Dönni, W., Spalinger, L., Knutti, A. (2017): Erhaltung und Förderung der Wanderfische in der Schweiz – Zielarten, Einzugsgebiete, Aufgaben. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU): 53 S.
- Dunkley, D.A. & Shear, W.M. (1982): An assessment of the performance of a resistivity fish counter. *J. Fish Biol.* 20: p. 717 - 737.
- Elliott, J.M. (1994): *Quantitative ecology and the brown trout*. New York: Oxford University Press.
- Escher, M. & Vonlanthen, P. (2016): 25 Jahre Fischfangstatistik im Kanton Bern. Fischereiinspektorat des Kantons Bern: 44 S.
- Finstad, A.G., Økland, F., Thorstad, E.B., Heggberget, T.G. (2005): Comparing upriver spawning migration of Atlantic salmon *Salmo salar* and sea trout *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology* 67: p. 919 - 930.
- Fischereiinspektorat Kanton Bern (2019): Jahresbericht 2018 - Ereignisse und Zahlen. Im Auftrag des Kantons Bern: 53 S.
- Fischereiinspektorat Kanton Bern (2020): Jahresbericht 2019 - Ereignisse und Zahlen. Im Auftrag des Kantons Bern: 52 S.
- Funk, A., Meyer, M., Gremion, J., Frei, J. (2015): Laichgrubenkartierung Hasliaare, Wyhelbächli, Gadmer- und Urbachwasser im Seeforellenperimeter 2015. Interner Bericht Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), unveröffentlicht.
- Gafner, K. & Meyer, M. (2018): Seeforellen im Kanton Bern. – Wanderkorridore und Monitoring. *Wasserwirtschaft* 2/3, 2018: S. 14 - 17.
- Garbe, J., Beevers, L., Pender, G. (2016): The interaction of low flow conditions and spawning brown trout (*Salmo trutta*) habitat availability. *Ecological Engineering* 88: p. 53 - 63.
- García-Vega, A., Sanz-Ronda, F. J., Fuentes-Pérez, J. F. (2017): Seasonal and daily upstream movements of brown trout *Salmo trutta* in an Iberian regulated river. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 418: p. 1 - 9.
- Gewässerschutzgesetz (GschG). (1991). SR 814.20, (Stand am 1. Januar 2017).
- Göz, D. (2015): Kamerabasiertes Monitoring des Seeforellen Laichaufstiegs in der Hasliaare, Schweiz 2014. Bericht im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), unveröffentlicht.



- Göz, D. (2016): Kamerabasiertes Monitoring des Seeforellen Laichaufstiegs in der Hasliaare, Schweiz 2015. Bericht im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), unveröffentlicht.
- Greter, R. (2019): Erstellung eines Resistivity Fish Counters zur Erfassung der Laichwanderung der Seeforellen in der Restwasserstrecke Hasliaare. Project Work in Research Unit 2, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), unveröffentlicht.
- Haas, R. & Peter, A. (2009): Lebensraum Hasliaare 2009: Eine fischökologische Zustandserhebung zwischen Innertkirchen und Brienzensee. KTI-Projekt: Nachhaltige Nutzung der Wasserkraft - Innovative Massnahmen zur Reduzierung der Schwall-Sunk Problematik. Eawag Kastanienbaum. 45 S.
- Hartigan, J.A. (1975): Clustering Algorithms. New York: John Wiley & Sons.
- Hawkins, D.M. & Kass, G.V. (1982): Automatic Interaction Detection, p. 269 - 302. In: Hawkins, D.M. (1982): Topics in Applied Multivariate Analysis. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hefti, D. (2012): Wiederherstellung der Fischeinfuhr- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken. Checkliste Best practice. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt: 79 S.
- Hemmerich, W.A. (2020): Matheguru – Effektstärke. Abgerufen am 23.03.2020 von <https://matheguru.com/stochastik/effektstarke.html>
- Hertig, A. (2019): Monitoring von Seeforellenlaichtieren in kleinen Seezuflüssen. Wasserwirtschaft 2/3, 2019: S. 19 - 22.
- Jensen, A. & Aass, P. (1995): Migration of a fast-growing population of Brown Trout (*Salmo trutta* L.) through a fish ladder in relation to Water flow and Water temperature. Regulated Rivers: Research & Management, Vol. 10: p. 217 - 228.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2009): A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. Journal of Fish Biology 75: p. 2381 - 2447.
- Jonsson, B., Jonsson, N., Jonsson, M. (2018): Water level influences migratory patterns of anadromous brown trout in small streams. Ecology of Freshwater Fish: p. 1 - 10.
- Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S., Schmutz, S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fliessgewässern. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Kass, G.V. (1975). Significance testing in automatic interaction detection (A.I.D.). Applied Statistics 24(2): p. 178 - 189.
- Kass, G.V. (1980). An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. Applied Statistics 29(2): p. 119 - 127.

- Kennedy, R.J., Moffett, I., Allen, M.M., Dawson, S.M. (2013): Upstream migratory behaviour of wild and ranched Atlantic salmon *Salmo salar* at a natural obstacle in a coastal spate river. *Journal of Fish Biology* 83: p. 515 - 530.
- Kirchhofer, A., Breitenstein, M., Zaugg, B. (2007): Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF): 64 S.
- Küttel, St., Peter, A., Wüest, A. (2002): Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rhône Revitalisierung: 41 S.
- Lautsch, E. & Ninke, L. (2000): Kombiniertes Einsatz von CHAID und KFA bei der soziodemographischen Beschreibung von Kriminalitätsfurcht. *Psychologische Beiträge*, Band 42: S. 347 - 361.
- Lautsch, E. & Thöle, U. (2003): Classification und Explanation of Life Conceptions using the case of the 14th Shell Youth Study. *Psychology Science*, Volume 45(2): p. 263 - 279.
- Lautsch, E. & Thöle, U. (2005): Identification and Analysis of Types of Personality in a Brief measure of the Big-Five Personality Domains. *Psychology Science*, Volume 47(3/4): p. 479 - 500.
- Lennox, R.J., Eliason, E.J., Havn, T.B., Johansen, M.R., Thorstad, E.B., Cooke, S.T., Diserud, O.H., Whoriskey, F.G., Farrell, A.P., Uglem, I. (2018): Bioenergetic consequences of warming rivers to adult Atlantic salmon *Salmo salar* during their spawning migration. *Freshwater Biology* 63: p. 1381 - 1393.
- Lennox, R.J., Paukert, C.P., Aarestrup, K., Auger-Méthé, M., Baumgartner, L., Birnie-Gauvin, K., Bøe, K., Brink, K., Brownscombe, J.W., Chen, Y., Davidsen, J.G., Eliason, E.J., Filous, A., Gillanders, B.M., Helland, I.P., Horodysky, A.Z., Januchowski-Hartley, S.R., Lowerre-Barbieri, S.K., Lucas, M.C., Martins, E.G., Murchie, K.J., Pompeu, P.S., Power, M., Raghavan, R., Rahel, F.J., Secor, D., Thiem, J.D., Thorstad, E.B., Ueda, H., Whoriskey, F.G., Cooke, S.J. (2019): One Hundred Pressing Questions on the Future of Global Fish Migration - Science, Conservation, and Policy. *Front. Ecol. Evol.* 7: p. 1 - 16.
- Lethlean, N.G. (1953): An investigation into the design and performance of electric fish-screens and an electric fish-counter. *Trans. R. Soc. Edinb.* 62: p. 479 - 526.
- Lin, H.Y., Brown, C.J., Dwyer, R.G., Harding, D.J., Roberts, D.T., Fuller, R.A., Linke, S., Possingham, H.P. (2017): Impacts of fishing, river flow and connectivity loss on the conservation of a migratory fish population. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*: p. 1 - 10.
- Lucas, M.C., Baras, E., Thom, T.J., Duncan, A., Slavík, O. (2001): *Migration of Freshwater Fishes*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Macura, V., Škrinar, A., Kaluz, K., Jalcovikova, M., Škrovinova, M. (2011): Influence of the Morphological and Hydraulic Characteristics of Mountain Streams on Fish Habitat Suitability Curves. *River Research and Applications*: p. 1 - 18.

- Melcher, A.H., Lautsch, E., Schmutz, St. (2012): Non-parametric methods -Tree and P-CFA - for the ecological evaluation and assessment of suitable aquatic habitats: a contribution to fish psychology. Psychological Test and Assessment Modeling, Volume 54(3): p. 293 - 306.
- Mendez, R. (2007): Laichwanderung der Seeforelle im Alpenrhein. Diplomarbeit ETH Zürich / EAWAG.
- Mendez, R., Riesen, R., Wyss, C. (2017): Projekt Fischabstieg Reichenau - Untersuchungen zur Aktivität von adulten Seeforellen am Oberwasserkanal und Stauwehr mit bildgebenden Sonar. Axpo Power AG: 104 S.
- MeteoSchweiz (2019): Klimabulletin Oktober 2019. Zürich: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.
- MeteoSchweiz (2020): Klimabulletin Winter 2019 / 2020. Zürich: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.
- Meyer, M., Schweizer, S., Göz, D., Funk, A., Schläppi, S., Baumann, A., Baumgartner, J., Müller, W., Flück, M. (2015): Die Seeforellenweiche – ein mobiles Leitsystem für aufsteigende Wandersalmoniden, Wasserwirtschaft 7/8, 2015: S. 39 - 43.
- Meyer, M., Schweizer, S., Büsser, P., Göz, D., Funk, A., Müller, W., Flück, M., Schläppi, S., Baumgartner, J., Reuther, K., Wächter, K., Tanno, D. (2017): Schutzmassnahmen und Monitoring zur Seeforelle im Zuge der Räterichsbodensee-Entleerungen 2014/15 und 2016. Wasser Energie Luft – 109, Heft 3: S. 155 - 162.
- Meyer, M., Schweizer, S., Ruckli, J., Greter, R., Ravessoud, T. (2019): Seeforellenaufsteigerzählung – Gadmerwasser 2018. Interner Bericht Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), unveröffentlicht.
- Meyer, M. (2019): Erfolgskontrolle von Instream-Massnahmen anhand des Lebenszyklusses von Bach- und Seeforellen. Präsentation des Burgdorfer Wasserbautags vom 09.05.2019, Bau und Wissen der Berner Fachhochschule.
- Muñoz-Mas, R., Lopez-Nicolas, A., Martínez-Capel, F., Pulido-Velazquez, M. (2016): Shifts in the suitable habitat available for brown trout (*Salmo trutta* L.) under short-term climate change scenarios. Science of the Total Environment 544: p. 686 - 700.
- Östergren, J., Lundqvist, H., Nilsson, J. (2011): High variability in spawning migration of sea trout, *Salmo trutta*, in two northern Swedish rivers. Fisheries Management and Ecology 18: p. 72 - 82.
- Östergren, J., Nilsson, J., Lundqvist, H. (2012): Linking genetic assignment tests with telemetry enhances understanding of spawning migration and homing in sea trout *Salmo trutta* L. Hydrobiologia 691: p. 123 - 134.
- Pinter, K., Weiss, S., Lautsch, E., Unfer, G. (2017): Survival and growth of hatchery and wild brown trout (*Salmo trutta*) parr in three Austrian headwater streams. Ecol Freshw Fish 2017: p. 1 - 12.

- Rey, P., Werner, S., Hesselschwerdt, J. (2014): Seeforelle – Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen. Kurzbericht der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodensee-Fischerei (IBKF): 23 S.
- Rey, P. & Hesselschwerdt, J. (2017): Die Seeforelle in der Steinach - Charakterisierung und Bestandsentwicklung der Seeforellenpopulation in der Steinach vor dem Hintergrund der Verlegung der Abwässer der ARA Hofen. Hydra AG, Bericht zuhanden des Amtes für Natur, Jagd und Fischerei St. Gallen: 70 S.
- Rippmann, C. (1987): Biologie und Bewirtschaftung der Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) des Vierwaldstättersees unter besonderer Berücksichtigung der Unerischen Gewässer. ETH Zürich, Zürich: ADAG Administration & Druck AG.
- Ruhlé, Ch., Ackermann, G., Berg, R., Kindle, T., Kistler, R., Klein, M., Konrad, M., Löffler, H., Michel, M., Wagner, B. (2005): Die Seeforelle im Bodensee und seinen Zuflüssen: Biologie und Management. Österreichs Fischerei 58: S. 230 - 262.
- Rustadbakken, A., L'Abée-Lund, J. H., Arnekleiv, J. V., Kraabøl, M. (2004): Reproductive migration of brown trout in a small Norwegian river studied by telemetry. Journal of Fish Biology 64(1): p 2 - 15.
- Schläppi, S., Schweizer, S., Meyer, M., Ruckli, J. (2019): Untersuchungen zur Sarner Seeforelle - Seeforellenaufsteigerzählung am Dreiwässerkanalsystem und relevanten Zuflüssen des Sarnersees sowie Beurteilung des Populationsentwicklungspotentials am Dreiwässerkanal und seinen Zuflüssen. Bericht Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), im Auftrag der Elektrizitätswerke Obwalden, unveröffentlicht.
- Schulz, U. & Berg, R. (1992): Movements of ultrasonically tagged brown trout (*Salmo trutta* L.) in Lake Constance. Journal of Fish Biology 40: p. 909 – 917.
- Schulz, U. (1994): Agrarforschung - Untersuchungen zur Ökologie der Seeforelle im Bodensee. Aulendorf: Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf – Fischereiforschungsstelle.
- Schweizer, S., Neuner, J., Ursin, M., Tscholl, H., Meyer, M. (2008): Ein intelligent gesteuertes Beruhigungsbecken zur Reduktion von künstlichen Pegelschwankungen in der Hasliaare. Wasser Energie Luft – 100, Heft 3: S. 209 - 215.
- Schweizer, S., Bieri, M., Tonolla, D., Monney, J., Rouge, M., Stalder, P. (2013): Schwall/Sunk-Sanierung in der Hasliaare (Phase 2a: Konstruktion repräsentativer Abflussganglinien für künftige Zustände). Wasser Energie Luft, Heft 4: S. 269 - 276.
- Schweizer, S., Schmidlin, St., Bieri, M., Büsser, P., Meyer, M., Money, J., Schläppi, S., Schneider, M., Tonolla, D., Tuhtan, J., Wächter, K. (2016): Die erste Schwall-Sanierung der Schweiz: Die Hasliaare als Fallbeispiel. Wasserwirtschaft 1, 2016: S. 10 – 15.
- SFV-FSP (2020): Fisch des Jahres 2020: Die Forelle. Medienmitteilung des Schweizerischen Fischerei Verbands (SFV-FSP) vom 2. Januar 2020. Abgerufen am 29.01.2020 von <https://sfv-fsp.ch/home/aktuell/?load=928>

- Slavík, O., Horký, P., Randák, T., Balvín, P., Bílý, M. (2012): Brown Trout Spawning Migration in Fragmented Central European Headwaters: Effect of Isolation by Artificial Obstacles and the Moon Phase. *Transactions of the American Fisheries Society* 141(3): p. 673 - 680.
- Solomon, D.J. (1978): Migration of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta* L.) in a chalkstream. *Env. Biol. Fish.* Vol. 3, No. 2: p. 223 - 229.
- Sonquist, J.A. & Morgan, J.N. (1964). The detection of interaction effects: A report on a computer program for the selection of optimal combinations of explanatory variables (Monograph no: 35). Ann Arbor: Survey Research Center, Institute for Social Research, University of Michigan.
- Stien, L.H., Nilsson, J., Bui, S., Fosseidengen, J.E., Kristiansen, T.S., Øverli, Ø., Folkedal, O. (2017): Consistent melanophore spot patterns allow long-term individual recognition of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 91: p. 1699 - 1712.
- Tierschutzverordnung (TSchV). (2008). SR 455.1, (Stand am 27. November 2018).
- Topal, M., A. Yağanoğlu, A.M., Sönmez, A.Y., Arslan, G., Hisar, O. (2010): Using Discriminant and CHAID Analysis Methods to Identify Sex in Brown Trout (*Salmo trutta fario*) by Morphometric Features. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh* 62(4): p. 251 - 259.
- Unfer, G., Meraner, A., Pont, D. (2019): Fische: Bedrohte aquatische Biodiversität in den Alpen – Wanderer zwischen Wasserwelten: die Seeforellen alpiner Gewässer, S. 137 - 138. In: Muhar, S., Muhar, A., Egger, G., Siegrist, D. (2019): Flüsse der Alpen – Vielfalt in Natur und Kultur, 1. Auflage, Bern: Haupt.
- Van Leeuwen, C.H. A., Dalen, K., Museth, J., Junge, C., Vøllestad, L.A. (2017): Habitat fragmentation has interactive effects on the population genetic diversity and individual behaviour of a freshwater salmonid fish. *River Research and Applications*: p. 1 - 9.
- Wagner, T., Brechbühl, S., Mueller, W., Gafner, K., Bernet, D., Hartmann, O. (2014): Gewässerentwicklungskonzept Bern - Planung Wiederherstellung Fischwanderung. Studie im Auftrag des Kanton Bern: 55 S.
- Woschitz, G., Gumpinger, C., Ratschan, C., Guttman, S., Zeiringer, B. (2020): Richtlinie 1/2003 i.d.F. 2020 Mindestanforderungen bei der Überprüfung von Fischaufstiegshilfen (FAH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. Richtlinien der Fachgruppe Fischereisachverständige beim Österreichischen Fischereiverband: 47 S.
- Wyss, K. (2020): Abflussmessungen in alpinem Gewässer - Möglichkeiten von numerisch-hydraulischen P/Q-Beziehungen. Masterarbeit, Geographisches Institut der Universität Bern.
- Zaugg, C., Boller, L., Dönni, W., Guthruf, J. (2016): Massnahmenumsetzung Sanierung Fischgängigkeit Umfang und Methodenwahl von Wirkungskontrollen. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU): 30 S.



## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lebenszyklus von Bach- und Seeforelle. Oben in der Mitte: Schlupf und Emergenz der Brütlinge. Oben rechts: Jungfisch im Fliessgewässer. Unten rechts: Abwanderung als Jungfisch in den nächsten Voralpensee (Seeforelle) oder Verbleiben im Fliessgewässer (Bachforelle). Unten links: Aufstieg zurück ins Fliessgewässer (Laichwanderung). Und oben links: Laichen am Geburtsort (Homing) im Fliessgewässer (Meyer 2019). ....	2
Abbildung 2: Kartographische Lage des Untersuchungsstandort. ....	7
Abbildung 3: Hydrograph der Restwasserstrecke Hasliaare im Zeitraum vom 09.04.2019 bis 21.03.2020 (Wyss 2020). ....	8
Abbildung 4: Kartographische Darstellung des Untersuchungsgebiets in Innertkirchen (Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie 2019). ....	8
Abbildung 5: Situationsplan des Erfassungsstandorts; Orthophoto der Fischzählanlage (Resistivity Fish Counter; RFC) in der Restwasserstrecke Hasliaare. ....	9
Abbildung 6: Schematische Skizze der Messtechnik der Fischzählanlage, welche in die Zählkammer eingebaut war. ....	10
Abbildung 7: Fischzählanlage in der Restwasserstrecke Hasliaare. In Flussmitte die Zählkammer (rosa), durch welche der Wanderkorridor, bedingt durch die ausgeprägte Leitströmung, verlief. Umgeben ist die Zählkammer vom Fischleitsystem (Seeforellenweiche) aus Bambus. ....	11
Abbildung 8: Darstellung der Dauer und Intensität der Seeforellenbewegungen im Untersuchungszeitraum. Unterteilt in eindeutig erfasste ID, Mehrfachnachweis und undeutliche Erfassung. Die Aufstiegsbewegungen (up) sind mit Positiv- und die Abstiegsbewegungen (Down) mit Negativwerten dargestellt. ....	16
Abbildung 9: Längenfrequenzdiagramm der 104 individuen genau bestimmten Seeforellen, aufgeteilt nach Geschlecht. ....	17
Abbildung 10: Beispiel einer nachgewiesenen Maxillaverletzung beim Aufstieg eines Rogners vom 04.11.2019. ....	17
Abbildung 11: Boxplot des Mediantests, zu erkennen ein klarer Unterschied nach Geschlecht (GS) in der Stichprobe. Der dicke schwarze Strich stellt den Gesamtmedian dar, die schwarzen Striche in den Boxplots die Mediane der einzelnen Geschlechter, der blaue Balken geht vom 1. Quartil bis zum 3. Quartil und der Punkt zeigt ein milder Ausreisser bzw. der Stern ein extremer Ausreisser. ....	18
Abbildung 12: Multi-Spawner Milchner ID 058, nachgewiesen am 04.11.2016 in der Hasliaare von Stéphane Granzotto (links) und nach der Erfassung in der Fischzählanlage (Anhang VI, Nummer 133) sowie am 01.11.2019 in der Hasliaare beim Laichfischfang von Rafael Greter (rechts). ....	18
Abbildung 13: Multi-Spawner Milchner ID 009, nachgewiesen in der Laichsaison 2015, 2016, 2018 und 2019. Der Nachweis der Fischzählanlage ist ebenfalls im Anhang VI – Fotodokumentation der Seeforellennachweise, unter Nummer 15 vom 24.09.2019 zu finden. ....	19
Abbildung 14: Kopf des Baums der Entscheidungsbaumanalyse, aufgelöst nach der abhängigen Variable Abundanz und mit der erzwungenen Aufteilung nach der Bewegung (up / down). ....	21
Abbildung 15: Abiotische Faktoren (Interaktionspfade), die gemäss dem Modell der Entscheidungsbaumanalyse den Fischeaufstieg am besten erklären. ....	21

Abbildung 16: Abiotische Faktoren (Interaktionspfade), die gemäss dem Modell der Entscheidungsbaumanalyse den Fischabstieg am besten erklären.....	22
Abbildung 17: Klassifikation der Entscheidungsbaumanalyse, beinhaltet die Modellgüte bezüglich der Abundanz.....	23
Abbildung 18: Tageszeitlicher Verlauf aller Seeforellenbewegungen (nur Präsenzdaten).....	25
Abbildung 19: Histogramm der Anzahl Aufstiegsbewegungen bei den verschiedenen Wassertemperaturen. ....	29
Abbildung 20: Gemessener Luftdruck (Tagesmittelwerte) mit der Anzahl Aufstiegsbewegungen während des Untersuchungszeitraums.....	30
Abbildung 21: Verlauf des Abflusses (Tagesmittelwerte) mit der Anzahl Abstiegsbewegungen während des Untersuchungszeitraums.....	30
Abbildung 22: Histogramm der Bewegungsaktivität bei unterschiedlichen Abflüssen der grossen Seeforellen ( $\geq 60$ cm) beim Laichauf- und -abstieg. ....	31
Abbildung 23: Anzahl Passagen (Bewegungen) von Seeforellen während des Untersuchungszeitraums, unterteilt nach Geschlecht (m / w) und Bewegungsrichtung (up / down), inkl. des Wassertemperaturverlaufs (Tagesmittelwerte). ....	32
Abbildung 24: Histogramm der Abstiegsbewegungen der grossen Seeforellen ( $\geq 60$ cm) bei den unterschiedlichen Abflüssen .....	32
Abbildung 25: ID 011 am 24.09.2019.....	50
Abbildung 26: ID 011 am 25.09.2019.....	50
Abbildung 27: Entscheidungsbaum ohne die Variable Luftdruck inkl. der Klassifikation des Modells mit der Modellgüte. ....	54
Abbildung 28: Entscheidungsbaum ohne die Variablen Luftdruck, Niederschlag letzte 10min und Gesamtniederschlag, inkl. der Klassifikation des Modells mit der Modellgüte. ....	55
Abbildung 29: Entscheidungsbaum ohne die Erzwingung der ersten Aufteilung nach Bewegung (up / down), inkl. der Klassifikation des Modells mit der Modellgüte. ....	56
Abbildung 30: Entscheidungsbaum ohne die Erzwingung der ersten Aufteilung nach Bewegung (up / down) und ohne die Seeforellenbewegungen die mehrfach gezählt wurden, inkl. der Klassifikation des Modells mit der Modellgüte. ....	57
Abbildung 31: Darstellung der registrierten Seeforellenaufstiegsbewegungen (ohne Mehrfachbewegungen) bei der Fischzählanlage in der Restwasserstrecke, mit der Trübung in der Schwallstrecke der Messstation Brienzwiler ohne zeitliche Verschiebung. Dicke Linie = Tagesmittelwerte und dünne gestrichelte Linie = Tagesminimum bzw. -maximum-Werte. ....	58
Abbildung 32: Darstellung der registrierten Seeforellenaufstiegsbewegungen (ohne Mehrfachbewegungen) bei der Fischzählanlage in der Restwasserstrecke, mit dem Abfluss in der Schwallstrecke bei der Messstation Brienzwiler ohne zeitliche Verschiebung. Dicke Linie = Tagesmittelwerte und dünne gestrichelte Linie = Tagesminimum bzw. -maximum-Werte.....	59
Abbildung 33: Darstellung der registrierten Seeforellenaufstiegsbewegungen (ohne Mehrfachbewegungen) bei der Fischzählanlage in der Restwasserstrecke, mit der Wassertemperatur der Schwallstrecke der Messstation Brienzwiler ohne zeitliche Verschiebung. Dicke Linie = Tagesmittelwerte und dünne gestrichelte Linie = Tagesminimum bzw. -maximum-Werte. ....	59

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beinhaltet alle Variablen dieses asymmetrischen Datenmodells mit Angabe ihres Status und ihren metrischen Charakteristika.....	14
Tabelle 2: Unterschiedliche Merkmale der Rogner und Milchner (n = 104). Wichtig, alle Körperlängen sind anhand des Bildmaterials geschätzt. ....	16
Tabelle 3: Globaltest nach exaktem Fishertest inkl. des Cramer-V-Wertes. ....	18
Tabelle 4: Modellzusammenfassung der Entscheidungsbaumanalyse.....	20
Tabelle 5: Resultat der Kreuztabelle, hellgrau hinterlegt sind die nach der Alpha-Adjustierung nach Bonferroni (Tabelle 6) signifikant typischen bzw. dunkelgrau die signifikant atypischen Bedingungen der Endknoten.....	23
Tabelle 6: Globaltest der Kreuztabelle (Endknoten vs. Abundanz) inkl. Powermasse (Cramer-V), Bootstrapsimulation und Alpha-Adjustierung nach Bonferroni, damit das Signifikanzniveau 95 % auf die entstandenen korrigierten Residuen (Tabelle 5) angewendet werden konnte. ....	23
Tabelle 7: Signifikante Endknoten und deren Interaktionspfade auf die abhängige Variable (Abundanz). In Spalte 2 wird die Wirkung auf die Präsenz der Seeforellen angegeben, AT = atypisch und T = typisch. .	24
Tabelle 8: Kreuztabelle (Endknoten vs. Geschlecht), einzig bei den Knoten 4 und 20 tritt eine geschlechterspezifische Wirkung auf, vgl. z-Wert der Alpha-Adjustierung nach Bonferroni in Tabelle 9..	26
Tabelle 9: Globaltest der Kreuztabelle (Endknoten vs. Geschlecht) und Alpha-Adjustierung nach Bonferroni, um die Signifikanz der korrigierten Residuen in der Kreuztabelle (Tabelle 8) zu überprüfen. ....	26
Tabelle 10: Signifikante Endknoten und deren Interaktionspfade auf die abhängige Variable (Abundanz). In Spalte 2 wird die Wirkung nach Geschlecht (GS) angegeben, AT = atypisch und T = typisch. ....	27
Tabelle 11: Kreuztabelle (Endknoten vs. Körperlänge klassiert), einzig bei den Knoten 4 und 20 tritt eine grössenspezifische Wirkung auf, vgl. z-Wert der Alpha-Adjustierung nach Bonferroni in Tabelle 12. ....	27
Tabelle 12: Globaltest der Kreuztabelle (Endknoten vs. Körperlänge klassiert) und Alpha-Adjustierung nach Bonferroni, um die Signifikanz der korrigierten Residuen in der Kreuztabelle (Tabelle 11) zu überprüfen. ....	27
Tabelle 13: Vergleich der erhobenen Daten dieser Seeforellenzählung mit Seeforellenzählungen anderer Studien.....	29
Tabelle 14: Zeiträume und Fotodokumentation des überströmten Fischleitsystems bei Hochwasserabflüssen im Untersuchungszeitraum. In den aufgelisteten Zeiträumen kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Leitsystem für Seeforellen passierbar war. ....	51
Tabelle 15: Korrelationsmatrix, dunkelgrau eingefärbt 1.000 bei den gleichen Variablen und Hellgrau mit fetter Schrift die stark korrelierenden Variablen. ....	52
Tabelle 16: Zusammenhangsmasse ETA2, insgesamt haben alle abiotischen Faktoren kein Einfluss, ausser der Abfluss bei Up mit 0.091 einen sehr schwachen (Hellgrau). Für Eta2 gelten konventionell folgende Werte: <0.09 kein Einfluss, 0.09 - 0.15 = geringer Einfluss und >0.15 = Einfluss (Bortz 2005)..	53
Tabelle 17: Fotodokumentation der nachgewiesenen Seeforellen. ....	60

## 10 Formelverzeichnis

Formel 1:.....	13
Formel 2:.....	25

## Anhang

Anhang I	–	Beispiel Individuenabgleich (Punktmuster).....	S. 50
Anhang II	–	Dokumentation Hochwasserabflüsse.....	S. 51
Anhang III	–	Korrelationsmatrix nach Pearson und Zusammenhangsmasse ETA2.....	S. 52
Anhang IV	–	Entscheidungsbäume der zusätzlichen Auswertungen.....	S. 54
Anhang V	–	Diagramme zur Schwallstrecke.....	S. 58
Anhang VI	–	Fotodokumentation der Seeforellennachweise.....	S. 60
Anhang VII	–	Plagiatserklärung und Einwilligung zur Veröffentlichung.....	S. 150



**Anhang I – Beispiel Individuenabgleich (Punktmuster)**



Abbildung 25: ID 011 am 24.09.2019

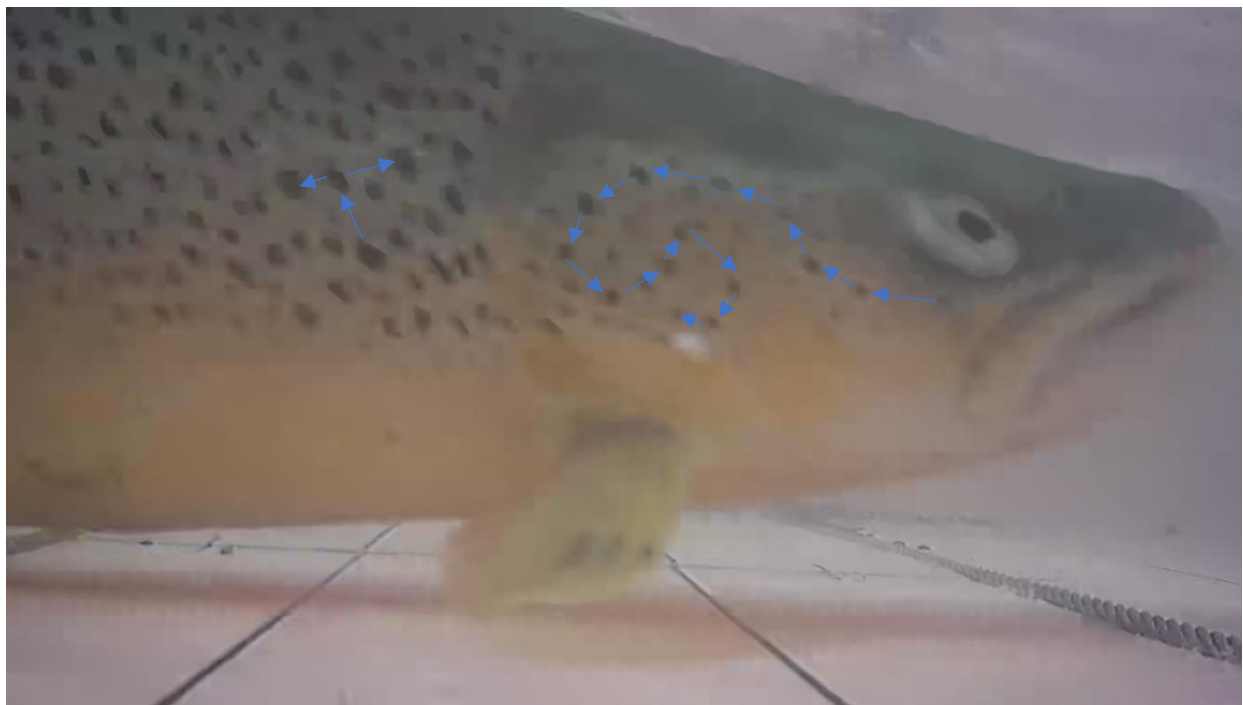


Abbildung 26: ID 011 am 25.09.2019

## Anhang II – Dokumentation Hochwasserabflüsse

*Tabelle 14: Zeiträume und Fotodokumentation des überströmten Fischleitsystems bei Hochwasserabflüssen im Untersuchungszeitraum. In den aufgelisteten Zeiträumen kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Leitsystem für Seeforellen passierbar war.*

Datum	Von:	Bis:	Fotodokumentation
23.09.2019	06:30 Uhr	7:30 Uhr	
02.10.2019	-	-	
02.10. – 03.10.2019	20:30 Uhr	04:00 Uhr	
09.10.2019	15:00 Uhr	21:00 Uhr	
15.10. – 16.10.2019	-	-	
29.10.2019 * Bild einer oberhalb liegenden Fischzählanlage im gleichen Zeitraum.	15:30 Uhr	20:00 Uhr	 *
15.11.2019	05:30 Uhr	07:30 Uhr	

Anhang III – Korrelationsmatrix nach Pearson und Zusammenhangsmasse ETA<sup>2</sup>

Tabelle 15: Korrelationsmatrix, dunkelgrau eingefärbt 1.000 bei den gleichen Variablen und Hellgrau mit fester Schrift die stark korrelierenden Variablen.

Korrelationsmatrix															
Variablen / abiotische Faktoren	Z_Int 2h	Mond	LT_I [°C]	SON_M [min/10 min]	LD_I [hPA]	NS_10_ G [mm/10 min]	GNS_G [mm]	NS_10_I [mm/10 min]	GNS_I [mm]	GBS_I [KJ/m2/h]	WT_R [°C]	P_R [cm]	P_R_var [cm/30m in]	Q_R [m3/s]	TRB_R [NTU]
Z_Int Zeit(Klassiert)_2h	1.000	0.053	0.126	-0.075	0.048	-0.040	0.221	-0.032	0.225	-0.054	0.115	0.089	-0.020	0.092	0.076
Mond Mondphase	0.053	1.000	-0.114	0.015	0.003	0.018	0.010	0.028	-0.015	-0.006	-0.160	-0.054	0.066	-0.025	0.101
LT_I Lufttemperatur Innertkirchen [°C]	0.126	-0.114	1.000	0.112	-0.340	-0.001	-0.109	0.020	-0.112	0.161	<b>0.865</b>	0.399	0.092	0.369	0.108
SON_M Sonnenscheindauer Meiringen [min/10min]	-0.075	0.015	0.112	1.000	0.142	-0.050	-0.069	-0.032	-0.058	<b>0.628</b>	0.112	-0.106	-0.190	-0.104	-0.017
LD_I Luftdruck Innertkirchen [hPA]	0.048	0.003	-0.340	0.142	1.000	-0.168	-0.101	-0.131	-0.098	0.058	-0.184	-0.336	-0.099	-0.297	-0.051
NS_10_G Niederschlag letzte 10min Guttannen [mm/10min]	-0.040	0.018	-0.001	-0.050	-0.168	1.000	0.402	<b>0.638</b>	0.394	-0.073	0.020	0.022	0.094	0.013	0.031
GNS_G Gesamtniederschlag Guttannen [mm]	0.221	0.010	-0.109	-0.069	-0.101	0.402	1.000	0.165	<b>0.862</b>	-0.087	-0.101	0.150	-0.007	0.156	0.002
NS_10_I Niederschlag letzte 10min Innertkirchen [mm/10min]	-0.032	0.028	0.020	-0.032	-0.131	<b>0.638</b>	0.165	1.000	0.336	-0.061	0.039	0.012	0.126	0.004	0.024
GNS_I Gesamtniederschlag Innertkirchen [mm]	0.225	-0.015	-0.112	-0.058	-0.098	0.394	<b>0.862</b>	0.336	1.000	-0.095	-0.106	0.151	0.008	0.157	-0.007
GBS_I Globalstrahlung Innertkirchen [KJ/m2/h]	-0.054	-0.006	0.161	<b>0.628</b>	0.058	-0.073	-0.087	-0.061	-0.095	1.000	0.136	-0.084	-0.253	-0.085	-0.026
WT_R Wassertemperatur Restwasserstrecke [°C]	0.115	-0.160	<b>0.865</b>	0.112	-0.184	0.020	-0.101	0.039	-0.106	0.136	1.000	<b>0.509</b>	0.049	0.485	0.036
P_R Pegel Restwasserstrecke [cm]	0.089	-0.054	0.399	-0.106	-0.336	0.022	0.150	0.012	0.151	-0.084	<b>0.509</b>	1.000	-0.035	<b>0.994</b>	0.008
P_R_var Pegelaenderung Restwasserstrecke[cm/30min]	-0.020	0.066	0.092	-0.190	-0.099	0.094	-0.007	0.126	0.008	-0.253	0.049	-0.035	1.000	-0.041	-0.013
Q_R Abfluss Restwasserstrecke[m3/s]	0.092	-0.025	0.369	-0.104	-0.297	0.013	0.156	0.004	0.157	-0.085	0.485	<b>0.994</b>	-0.041	1.000	0.004
TRB_R Truebung [NTU]	0.076	0.101	0.108	-0.017	-0.051	0.031	0.002	0.024	-0.007	-0.026	0.036	0.008	-0.013	0.004	1.000

Tabelle 16: Zusammenhangsmasse ETA2, insgesamt haben alle abiotischen Faktoren kein Einfluss, ausser der Abfluss bei Up mit 0.091 einen sehr schwachen (Hellgrau). Für Eta2 gelten konventionell folgende Werte: <0.09 kein Einfluss, 0.09 - 0.15 = geringer Einfluss und >0.15 = Einfluss (Bortz 2005).

Zusammenhangsmasse			
Bewegung (BWG)	Variablen / abiotische Faktoren * Abundanz	Eta	Eta-Quadrat
1 up	Z_Int Zeit(Klassiert)_2h * Abundanz: Presenz / Absenz	0.040	0.002
	WT_R Wassertemperatur Restwasserstrecke [°C] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.278	0.078
	P_R_var Pegelaenderung Restwasserstrecke[cm/30min] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.020	0.000
	Q_R Abfluss Restwasserstrecke[m3/s] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.302	0.091
	TRB_R Truebung [NTU] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.075	0.006
	Mond Mondphase * Abundanz: Presenz / Absenz	0.039	0.002
	SON_M Sonnenscheindauer Meiringen [min/10min] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.129	0.017
	LD_I Luftdruck Innertkirchen [hPA] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.086	0.007
	NS_10_I Niederschlag letzte 10min Innertkirchen [mm/10min] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.038	0.001
	GNS_I Gesamtniederschlag Innertkirchen [mm] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.034	0.001
2 down	Z_Int Zeit(Klassiert)_2h * Abundanz: Presenz / Absenz	0.061	0.004
	WT_R Wassertemperatur Restwasserstrecke [°C] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.021	0.000
	P_R_var Pegelaenderung Restwasserstrecke[cm/30min] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.069	0.005
	Q_R Abfluss Restwasserstrecke[m3/s] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.266	0.071
	TRB_R Truebung [NTU] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.072	0.005
	Mond Mondphase * Abundanz: Presenz / Absenz	0.041	0.002
	SON_M Sonnenscheindauer Meiringen [min/10min] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.105	0.011
	LD_I Luftdruck Innertkirchen [hPA] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.266	0.071
	NS_10_I Niederschlag letzte 10min Innertkirchen [mm/10min] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.141	0.020
	GNS_I Gesamtniederschlag Innertkirchen [mm] * Abundanz: Presenz / Absenz	0.043	0.002

Anhang IV – Entscheidungsbäume der zusätzlichen Auswertungen

Entscheidungsbaum **ohne** Luftdruck (LD\_I)

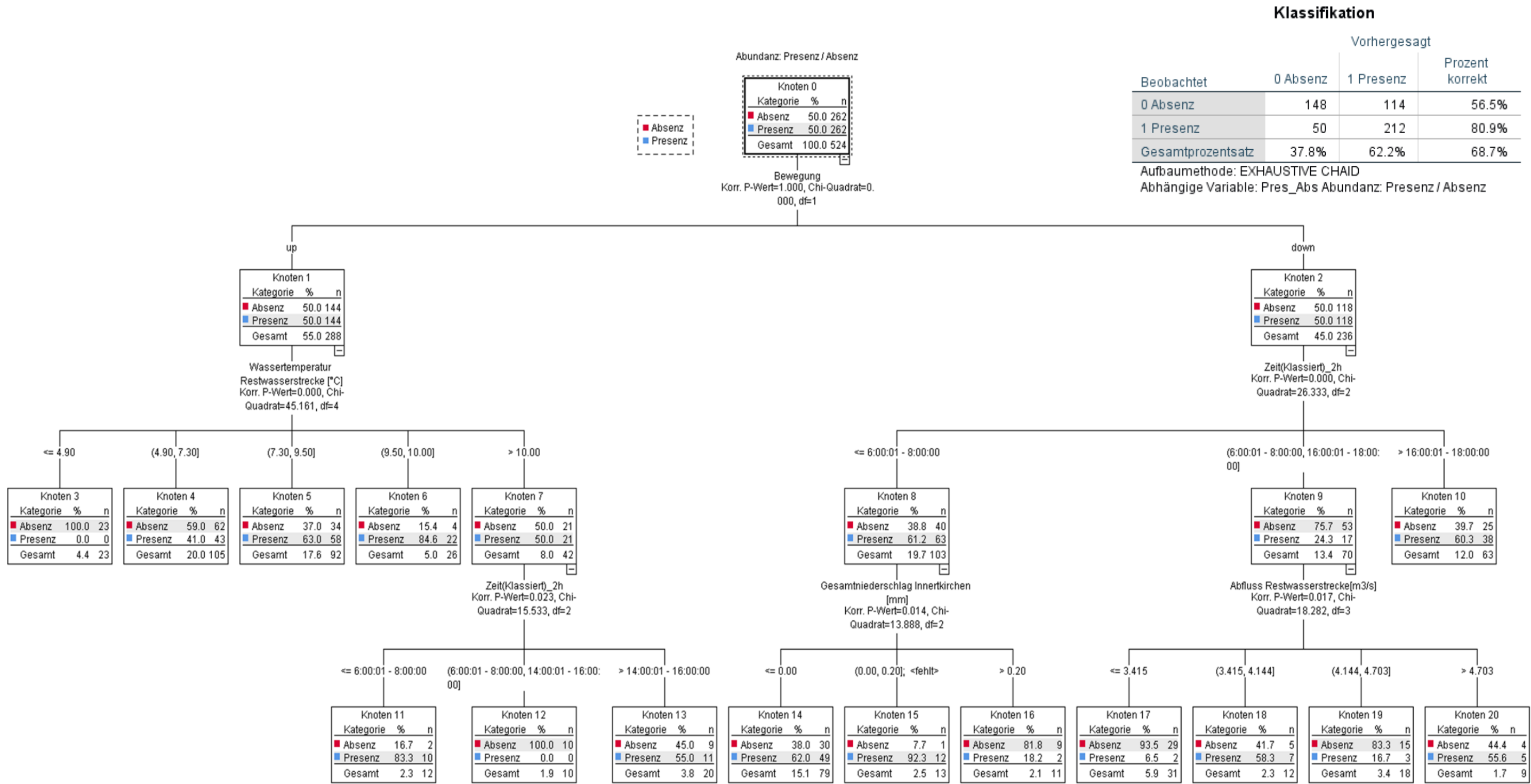
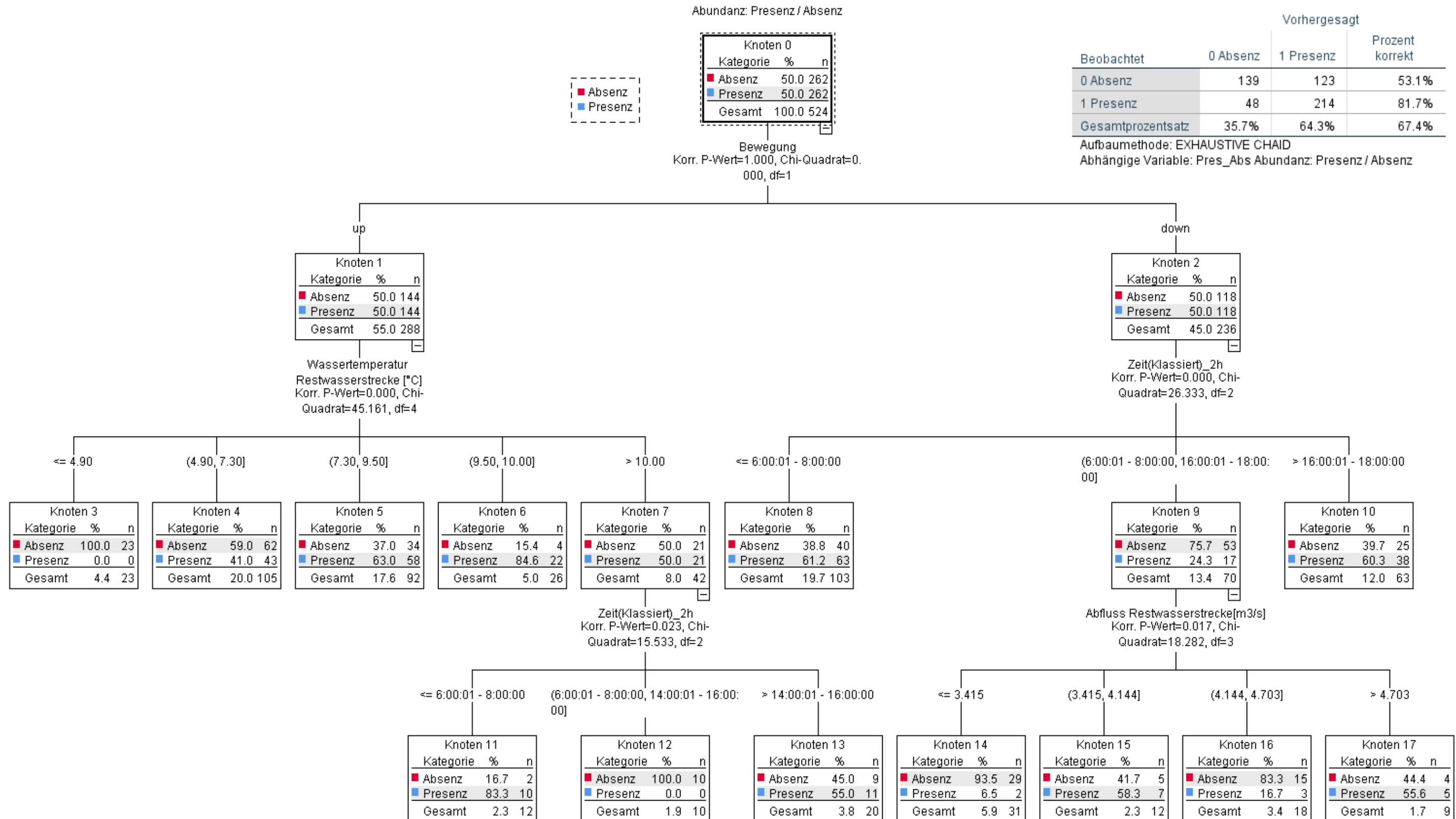


Abbildung 27: Entscheidungsbaum ohne die Variable Luftdruck inkl. der Klassifikation des Modells mit der Modellgüte.

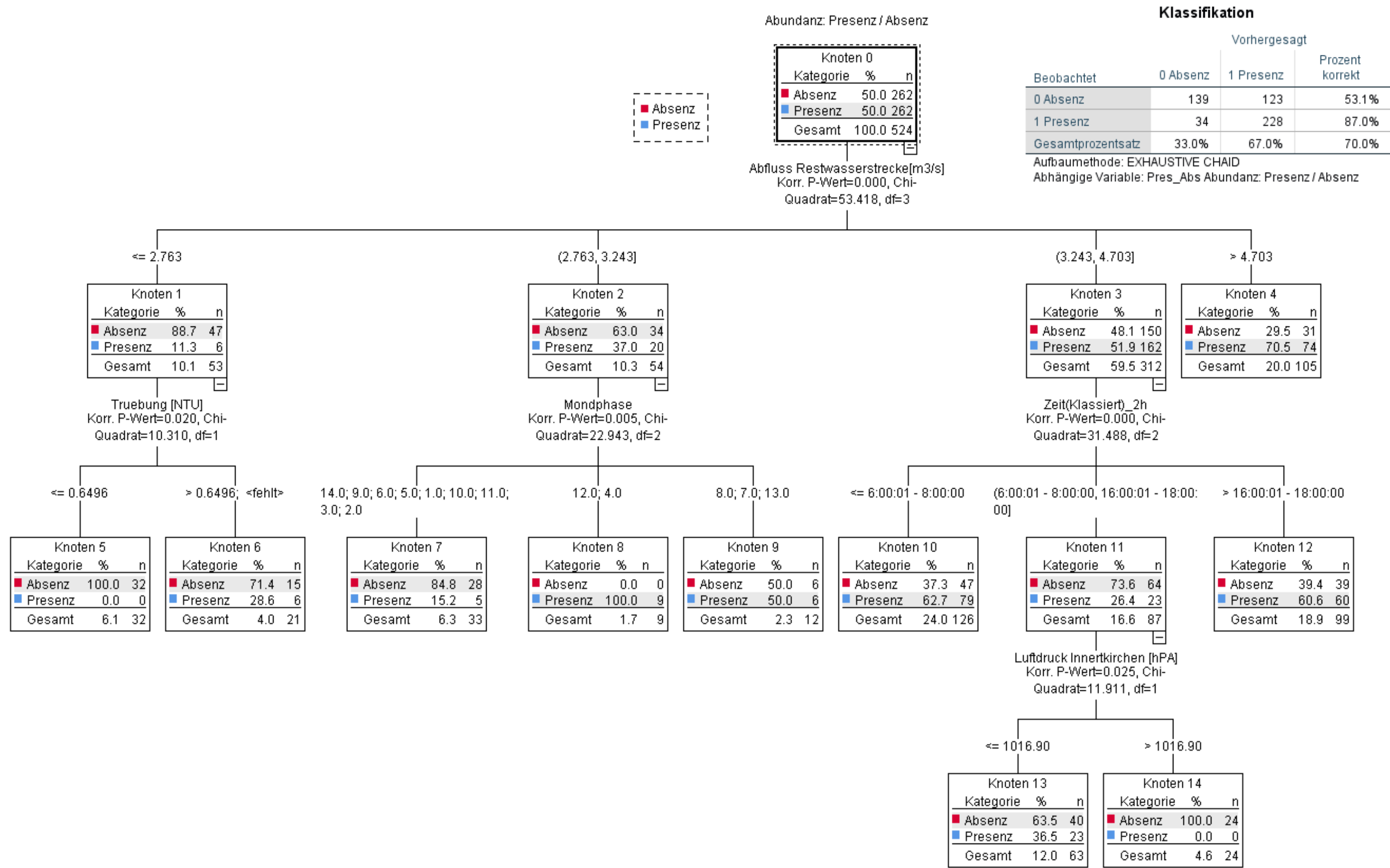
## Klassifikation



Seite 55



Entscheidungsbaum **ohne** die Erzwingung der Aufteilung nach Bewegung (BWG)



Luftdruck Innertkirchen [hPA]  
Korr. P-Wert=0.025, Chi-Quadrat=11.911, df=1

- ≤ 1016.90: **Knoten 13**
  - Absenz: 63.5% (n=40)
  - Presenz: 36.5% (n=23)
  - Gesamt: 12.0 (n=63)
- > 1016.90: **Knoten 14**
  - Absenz: 100.0% (n=24)
  - Presenz: 0.0% (n=0)
  - Gesamt: 4.6 (n=24)

Abbildung 29: Entscheidungsbaum ohne die Erzwingung der ersten Aufteilung nach Bewegung (up / down), inkl. der Klassifikation des Modells mit der Modellgüte.



Entscheidungsbaum **ohne** Erzwingung der Aufteilung nach Bewegung und **ohne** die Mehrfachzählungen.

Klassifikation

Beobachtet	Vorhergesagt		Prozent korrekt
	0 Absenz	1 Presenz	
0 Absenz	133	129	50.8%
1 Presenz	20	191	90.5%
Gesamtprozentsatz	32.3%	67.7%	68.5%

Aufbaumethode: EXHAUSTIVE CHAID  
Abhängige Variable: Pres\_Abs Abundanz: Presenz / Absenz

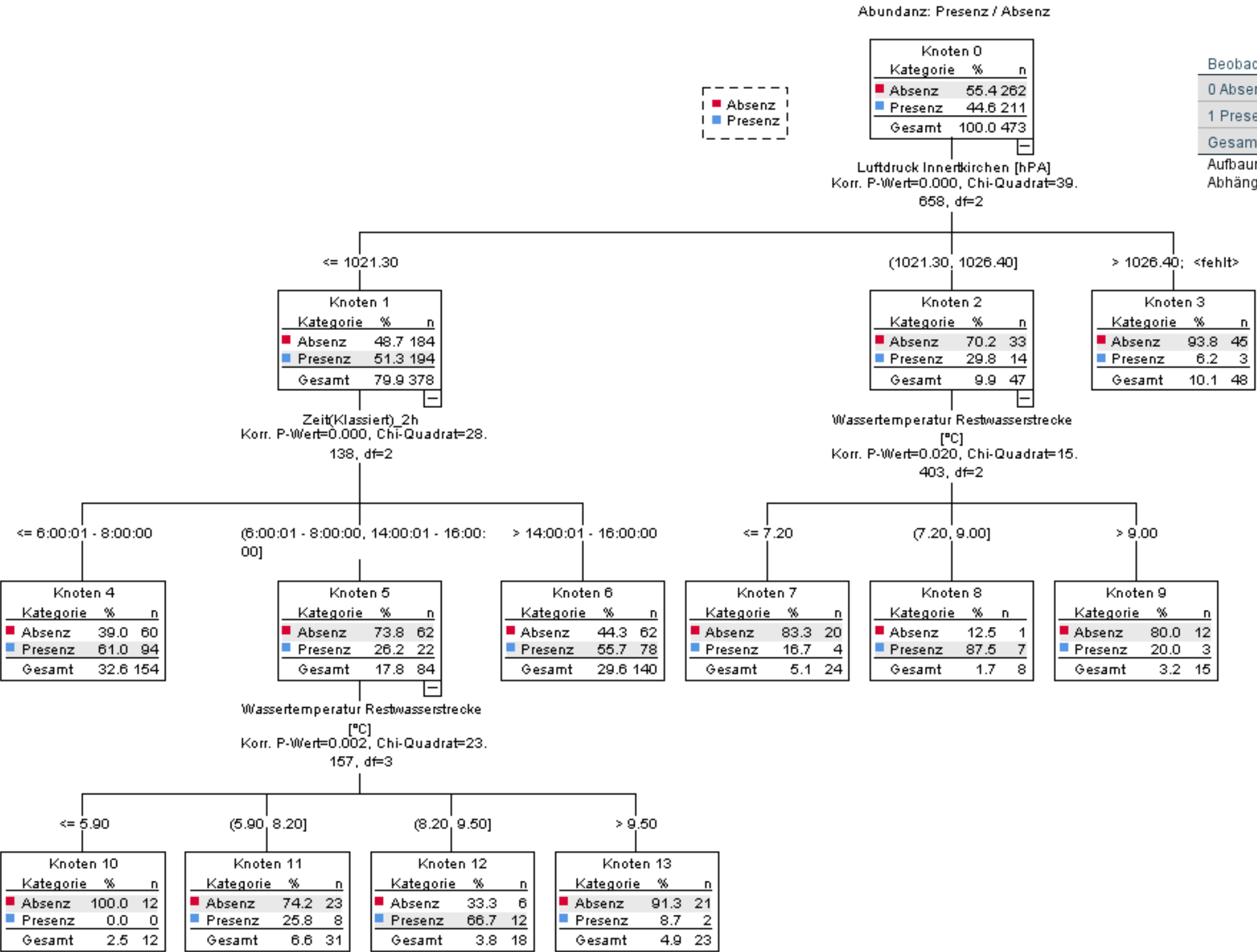


Abbildung 30: Entscheidungsbaum ohne die Erzwingung der ersten Aufteilung nach Bewegung (up / down) und ohne die Seeforellenbewegungen die mehrfach gezählt wurden, inkl. der Klassifikation des Modells mit der Modellgüte.

## Anhang V – Diagramme zur Schwallstrecke

In den folgenden Abbildungen werden die Bedingungen der Schwallstrecke (Trübung, Wassertemperatur und Abfluss) mit den erfassten Seeforellenbewegungen in der Restwasserstrecke ohne zeitliche Verschiebung dargestellt. Denn mit den Daten der erfassten Seeforellen in der Restwasserstrecke konnte nicht abgeschätzt werden, wann und wie lange die Seeforellenindividuen sich zuvor in der Schwallstrecke aufhielten, deshalb wurde auf eine statistische Auswertung verzichtet. Die Daten der Schwallstrecke stammen von der Station Brienzwiler des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), welche sich ungefähr 12km flussabwärts der Fischzählanlage befindet.

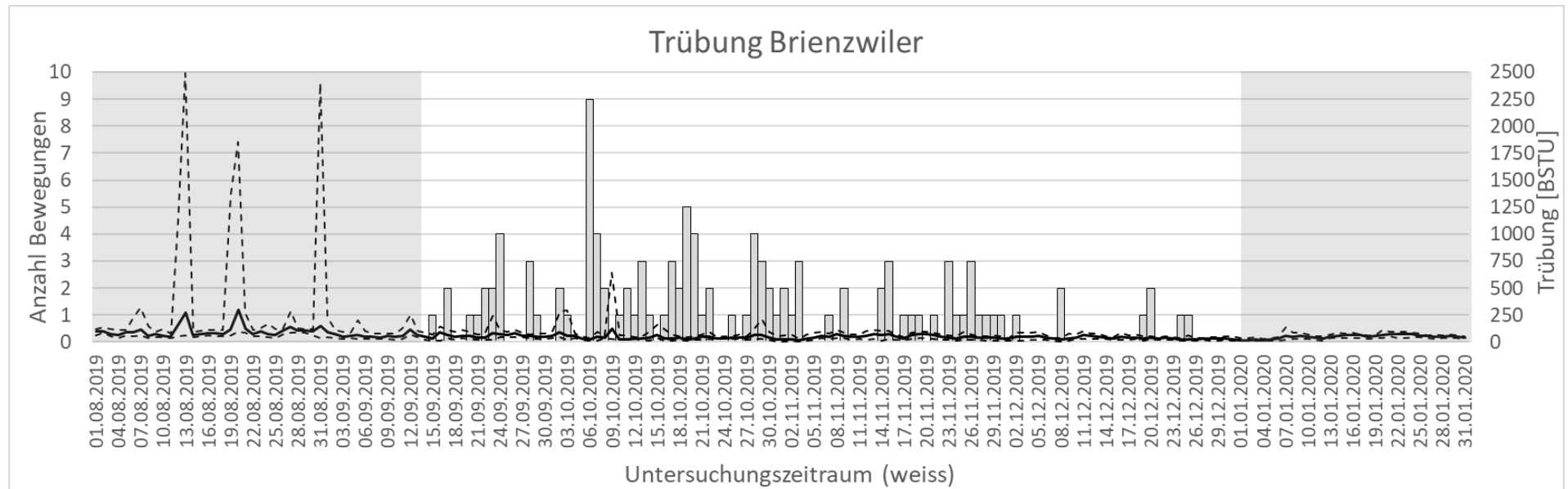


Abbildung 31: Darstellung der registrierten Seeforellenaufstiegsbewegungen (ohne Mehrfachbewegungen) bei der Fischzählanlage in der Restwasserstrecke, mit der Trübung in der Schwallstrecke der Messstation Brienzwiler ohne zeitliche Verschiebung. Dicke Linie = Tagesmittelwerte und dünne gestrichelte Linie = Tagesminimum bzw. -maximum-Werte.

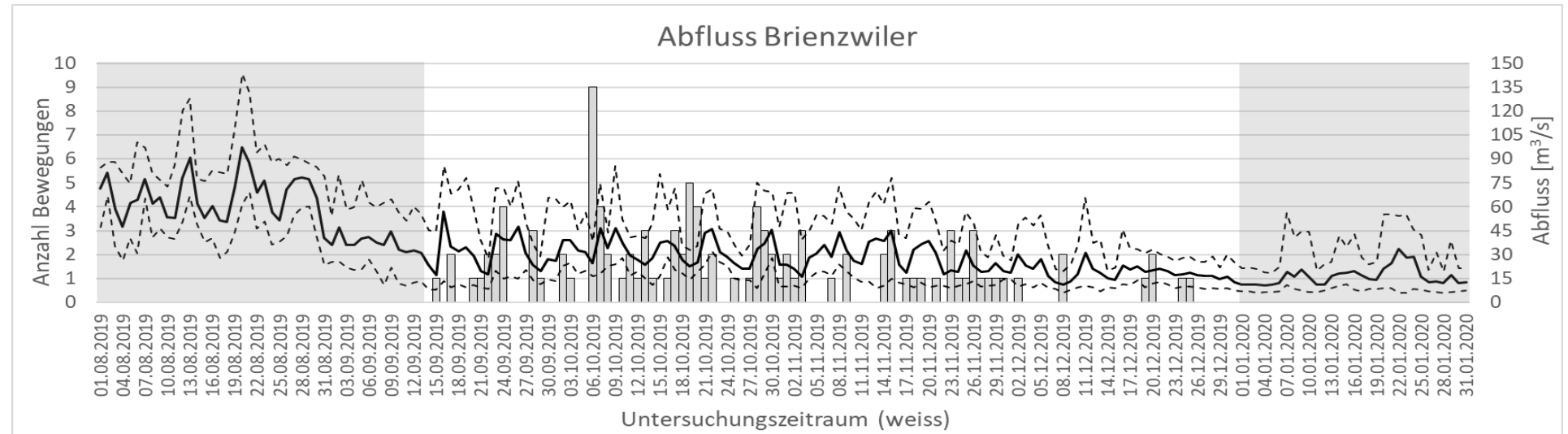


Abbildung 32: Darstellung der registrierten Seeforellenaufstiegsbewegungen (ohne Mehrfachbewegungen) bei der Fischzählanlage in der Restwasserstrecke, mit dem Abfluss in der Schwallstrecke bei der Messstation Brienzwiler ohne zeitliche Verschiebung. Dicke Linie = Tagesmittelwerte und dünne gestrichelte Linie = Tagesminimum bzw. -maximum-Werte.

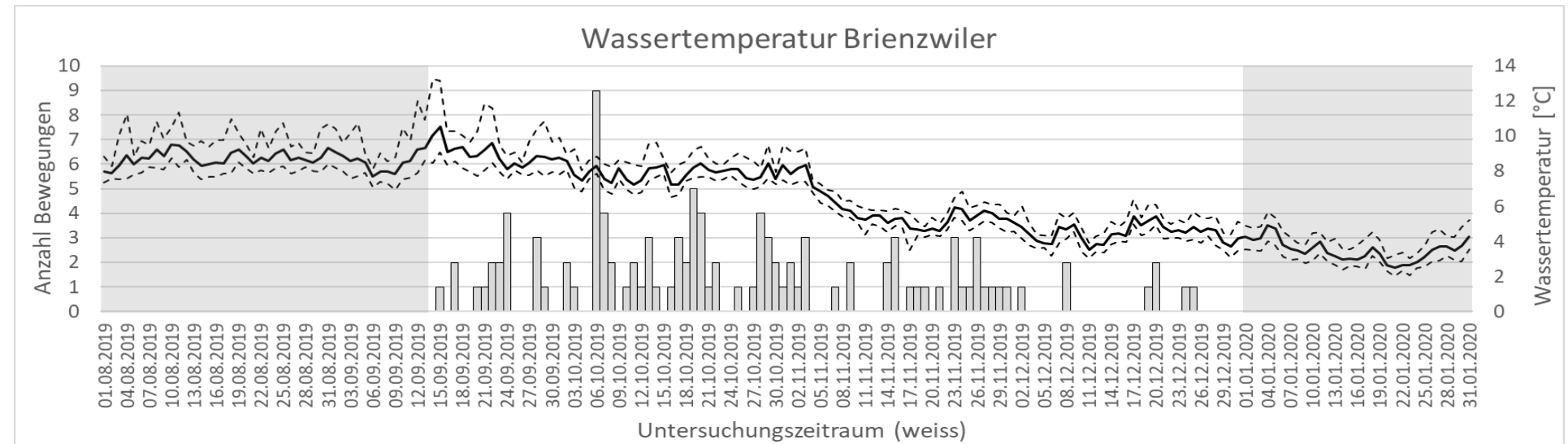











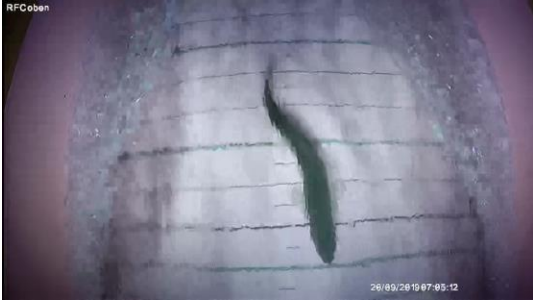








Abbildung 33: Darstellung der registrierten Seeforellenaufstiegsbewegungen (ohne Mehrfachbewegungen) bei der Fischzählanlage in der Restwasserstrecke, mit der Wassertemperatur der Schwallstrecke der Messstation Brienzwiler ohne zeitliche Verschiebung. Dicke Linie = Tagesmittelwerte und dünne gestrichelte Linie = Tagesminimum bzw. -maximum-Werte.



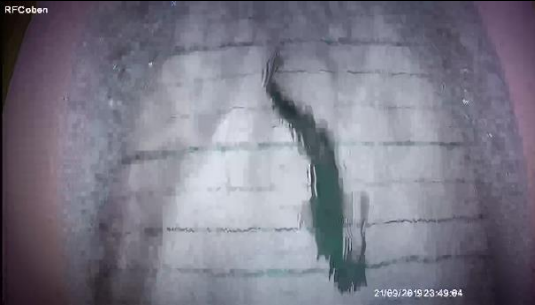


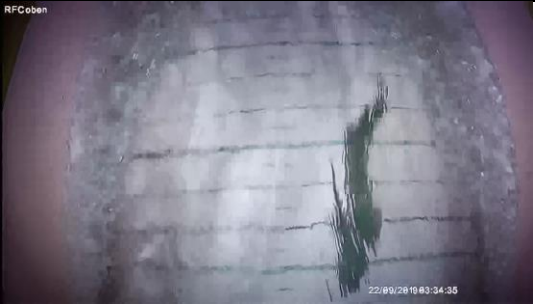



## Anhang VI – Fotodokumentation der Seeforellennachweise










Tabelle 17: Fotodokumentation der nachgewiesenen Seeforellen.

Beschreibung	Unterwasserkamera Links	Unterwasserkamera Rechts	Überwasserkamera (Oben)
<b>Datum:</b> 15.09.19  <b>Zeit:</b> 03:51:52  <b>Nummer:</b> 1			
<b>Datum:</b> 17.09.19  <b>Zeit:</b> 05:36:54  <b>Nummer:</b> 2			
<b>Datum:</b> 17.09.19  <b>Zeit:</b> 06:56:14  <b>Nummer:</b> 3			





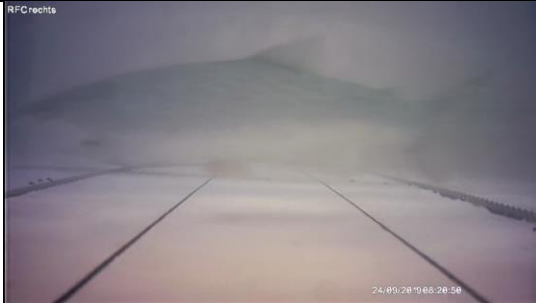




<b>Datum:</b> 20.09.19  <b>Zeit:</b> 07:04:56  <b>Nummer:</b> 4			
<b>Datum:</b> 20.09.19  <b>Zeit:</b> 07:07:15  <b>Nummer:</b> 5			
<b>Datum:</b> 20.09.19  <b>Zeit:</b> 20:05:36  <b>Nummer:</b> 6			









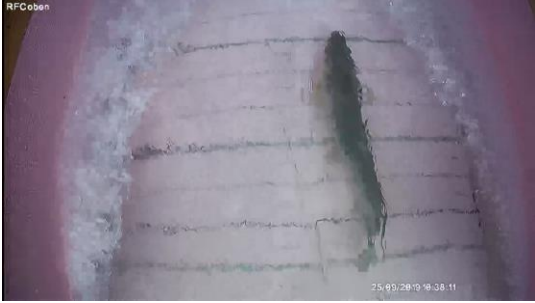











<b>Datum:</b> 21.09.19  <b>Zeit:</b> 23:48:38  <b>Nummer:</b> 7	 <p>RFC links</p> <p>21/09/2019 23:49:03</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>21/09/2019 23:49:03</p>	 <p>RFC oben</p> <p>21/09/2019 23:49:04</p>
<b>Datum:</b> 22.09.19  <b>Zeit:</b> 03:34:10  <b>Nummer:</b> 8	 <p>RFC links</p> <p>22/09/2019 03:34:35</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>22/09/2019 03:34:35</p>	 <p>RFC oben</p> <p>22/09/2019 03:34:35</p>
<b>Datum:</b> 22.09.19  <b>Zeit:</b> 23:55:05  <b>Nummer:</b> 9	 <p>RFC links</p> <p>22/09/2019 23:55:34</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>22/09/2019 23:55:34</p>	 <p>RFC oben</p> <p>22/09/2019 23:55:35</p>

<b>Datum:</b> 23.09.19  <b>Zeit:</b> 05:58:17  <b>Nummer:</b> 10	 <p>Endoscopic view from the left side (RFC links) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 05:58:49' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the right side (RFC rechts) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 05:58:48' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from above (RFCoben) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 05:58:47' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 23.09.19  <b>Zeit:</b> 06:06:59  <b>Nummer:</b> 11	 <p>Endoscopic view from the left side (RFC links) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 06:07:31' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the right side (RFC rechts) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 06:07:29' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from above (RFCoben) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 06:07:30' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 23.09.19  <b>Zeit:</b> 18:57:57  <b>Nummer:</b> 12	 <p>Endoscopic view from the left side (RFC links) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 18:58:30' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the right side (RFC rechts) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 18:58:29' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from above (RFCoben) showing a dark, narrow channel. A timestamp '23/09/2019 18:58:30' is visible in the bottom right corner.</p>



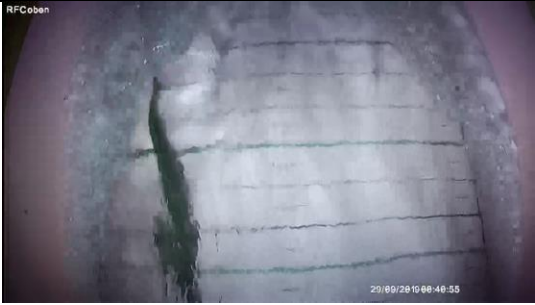

















<b>Datum:</b> 24.09.19  <b>Zeit:</b> 03:59:48  <b>Nummer:</b> 13			
<b>Datum:</b> 24.09.19  <b>Zeit:</b> 08:20:14  <b>Nummer:</b> 14			
<b>Datum:</b> 24.09.19  <b>Zeit:</b> 18:07:59  <b>Nummer:</b> 15			










<b>Datum:</b> 24.09.19  <b>Zeit:</b> 21:54:31  <b>Nummer:</b> 16			
<b>Datum:</b> 24.09.19  <b>Zeit:</b> 22:26:24  <b>Nummer:</b> 17			
<b>Datum:</b> 25.09.19  <b>Zeit:</b> 10:37:29  <b>Nummer:</b> 18			










<b>Datum:</b> 28.09.19  <b>Zeit:</b> 01:54:47  <b>Nummer:</b> 19			
<b>Datum:</b> 28.09.19  <b>Zeit:</b> 03:05:57  <b>Nummer:</b> 20			
<b>Datum:</b> 28.09.19  <b>Zeit:</b> 22:58:09  <b>Nummer:</b> 21			












<b>Datum:</b> 29.09.19  <b>Zeit:</b> 00:39:57  <b>Nummer:</b> 22	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 29.09.19  <b>Zeit:</b> 20:19:00  <b>Nummer:</b> 23	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 02.10.19  <b>Zeit:</b> 00:20:10  <b>Nummer:</b> 24	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben










<b>Datum:</b> 02.10.19  <b>Zeit:</b> 00:29:19  <b>Nummer:</b> 25	 <p>Endoscopic view from the left side (RFC links) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 02/10/2019 00:30:32 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the right side (RFC rechts) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 02/10/2019 00:30:32 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the top (RFCoben) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 02/10/2019 00:30:33 is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 03.10.19  <b>Zeit:</b> 05:18:00  <b>Nummer:</b> 26	 <p>Endoscopic view from the left side (RFC links) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 03/10/2019 05:19:18 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the right side (RFC rechts) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 03/10/2019 05:19:18 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the top (RFCoben) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 03/10/2019 05:19:18 is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 04.10.19  <b>Zeit:</b> 04:34:54  <b>Nummer:</b> 27	 <p>Endoscopic view from the left side (RFC links) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 04/10/2019 04:36:18 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the right side (RFC rechts) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 04/10/2019 04:36:18 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Endoscopic view from the top (RFCoben) showing a dark, curved surface with some light reflections. The timestamp 04/10/2019 04:36:18 is visible in the bottom right corner.</p>










<b>Datum:</b> 05.10.19  <b>Zeit:</b> 21:13:58  <b>Nummer:</b> 28			
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 01:06:43  <b>Nummer:</b> 29			
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 01:20:36  <b>Nummer:</b> 30			

<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 03:26:28  <b>Nummer:</b> 31	 RFC links 06/10/2019 03:26:00	 RFC rechts 06/10/2019 03:26:00	 RFC oben 06/10/2019 03:26:00
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 07:02:41  <b>Nummer:</b> 32	 RFC links 06/10/2019 07:04:13	 RFC rechts 06/10/2019 07:04:13	 RFC oben 06/10/2019 07:04:14
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 09:54:59  <b>Nummer:</b> 33	 RFC links 06/10/2019 09:56:33	 RFC rechts 06/10/2019 09:56:33	 RFC oben 06/10/2019 09:56:32







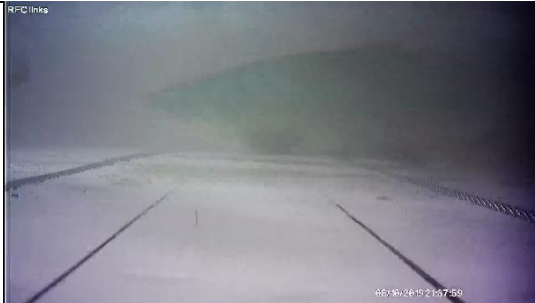













<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 09:55:44  <b>Nummer:</b> 34	 <p>06/10/2019 09:57:15</p>	 <p>06/10/2019 09:57:15</p>	 <p>06/10/2019 09:57:17</p>
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 12:31:33  <b>Nummer:</b> 35	 <p>06/10/2019 12:33:07</p>	 <p>06/10/2019 12:33:07</p>	 <p>06/10/2019 12:33:07</p>
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 12:33:50  <b>Nummer:</b> 36	 <p>06/10/2019 12:33:51</p>	 <p>06/10/2019 12:33:51</p>	 <p>06/10/2019 12:33:51</p>










<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 12:41:31  <b>Nummer:</b> 37			
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 15:15:25  <b>Nummer:</b> 38			
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 15:29:12  <b>Nummer:</b> 39			

<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 17:26:26  <b>Nummer:</b> 40	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 19:50:47  <b>Nummer:</b> 41	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 19:52:20  <b>Nummer:</b> 42	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben












<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 21:29:57  <b>Nummer:</b> 43	 <p>RFC links</p> <p>06/10/2019 21:31:32</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>06/10/2019 21:31:32</p>	 <p>RFC oben</p> <p>06/10/2019 21:31:32</p>
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 21:35:21  <b>Nummer:</b> 44	 <p>RFC links</p> <p>06/10/2019 21:36:56</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>06/10/2019 21:36:57</p>	 <p>RFC oben</p> <p>06/10/2019 21:36:57</p>
<b>Datum:</b> 06.10.19  <b>Zeit:</b> 21:36:23  <b>Nummer:</b> 45	 <p>RFC links</p> <p>06/10/2019 21:37:59</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>06/10/2019 21:37:59</p>	 <p>RFC oben</p> <p>06/10/2019 21:37:59</p>










<b>Datum:</b> 07.10.19  <b>Zeit:</b> 00:38:38  <b>Nummer:</b> 46			
<b>Datum:</b> 07.10.19  <b>Zeit:</b> 02:41:55  <b>Nummer:</b> 47			
<b>Datum:</b> 07.10.19  <b>Zeit:</b> 07:52:06  <b>Nummer:</b> 48			










<b>Datum:</b> 07.10.19  <b>Zeit:</b> 09:00:00  <b>Nummer:</b> 49	 <p>RFC links</p> <p>07/10/2019 09:01:38</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>07/10/2019 09:01:38</p>	 <p>RFC oben</p> <p>07/10/2019 09:01:38</p>
<b>Datum:</b> 07.10.19  <b>Zeit:</b> 20:53:18  <b>Nummer:</b> 50	 <p>RFC links</p> <p>07/10/2019 20:54:58</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>07/10/2019 20:54:58</p>	 <p>RFC oben</p> <p>07/10/2019 20:54:58</p>
<b>Datum:</b> 07.10.19  <b>Zeit:</b> 21:48:02  <b>Nummer:</b> 51	 <p>RFC links</p> <p>07/10/2019 21:49:43</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>07/10/2019 21:49:43</p>	 <p>RFC oben</p> <p>07/10/2019 21:49:43</p>












<b>Datum:</b> 07.10.19  <b>Zeit:</b> 23:19:21  <b>Nummer:</b> 52			
<b>Datum:</b> 08.10.19  <b>Zeit:</b> 02:17:50  <b>Nummer:</b> 53			
<b>Datum:</b> 08.10.19  <b>Zeit:</b> 03:00:55  <b>Nummer:</b> 54			





















<b>Datum:</b> 08.10.19  <b>Zeit:</b> 03:01:01  <b>Nummer:</b> 55			
<b>Datum:</b> 08.10.19  <b>Zeit:</b> 03:21:06  <b>Nummer:</b> 56			
<b>Datum:</b> 08.10.19  <b>Zeit:</b> 05:25:21  <b>Nummer:</b> 57			










<b>Datum:</b> 10.10.19  <b>Zeit:</b> 03:32:01  <b>Nummer:</b> 58			
<b>Datum:</b> 10.10.19  <b>Zeit:</b> 20:32:09  <b>Nummer:</b> 59			
<b>Datum:</b> 11.10.19  <b>Zeit:</b> 01:52:57  <b>Nummer:</b> 60			

<b>Datum:</b> 11.10.19  <b>Zeit:</b> 02:04:00  <b>Nummer:</b> 61			
<b>Datum:</b> 11.10.19  <b>Zeit:</b> 02:12:06  <b>Nummer:</b> 62			
<b>Datum:</b> 11.10.19  <b>Zeit:</b> 02:16:29  <b>Nummer:</b> 63			





















<b>Datum:</b> 11.10.19  <b>Zeit:</b> 05:23:11  <b>Nummer:</b> 64			
<b>Datum:</b> 11.10.19  <b>Zeit:</b> 13:53:07  <b>Nummer:</b> 65			
<b>Datum:</b> 12.10.19  <b>Zeit:</b> 20:52:30  <b>Nummer:</b> 66			


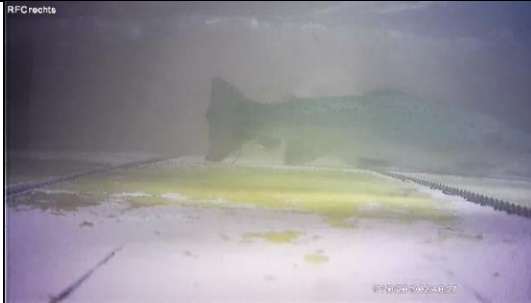







<b>Datum:</b> 13.10.19  <b>Zeit:</b> 19:15:39  <b>Nummer:</b> 67			
<b>Datum:</b> 13.10.19  <b>Zeit:</b> 20:41:06  <b>Nummer:</b> 68			
<b>Datum:</b> 13.10.19  <b>Zeit:</b> 20:49:27  <b>Nummer:</b> 69			

<b>Datum:</b> 13.10.19  <b>Zeit:</b> 22:32:33  <b>Nummer:</b> 70			
<b>Datum:</b> 13.10.19  <b>Zeit:</b> 22:32:37  <b>Nummer:</b> 71			
<b>Datum:</b> 14.10.19  <b>Zeit:</b> 02:46:48  <b>Nummer:</b> 72			


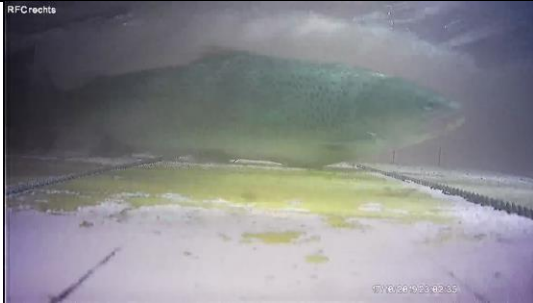










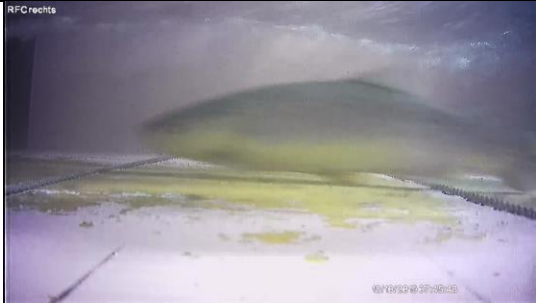







<b>Datum:</b> 14.10.19  <b>Zeit:</b> 06:01:29  <b>Nummer:</b> 73	 <p>RFC links</p>	 <p>RFC rechts</p>	 <p>RFC oben</p>
<b>Datum:</b> 14.10.19  <b>Zeit:</b> 06:15:14  <b>Nummer:</b> 74	 <p>RFC links</p>	 <p>RFC rechts</p>	 <p>RFC oben</p>
<b>Datum:</b> 14.10.19  <b>Zeit:</b> 06:37:58  <b>Nummer:</b> 75	 <p>RFC links</p>	 <p>RFC rechts</p>	 <p>RFC oben</p>










<b>Datum:</b> 15.10.19  <b>Zeit:</b> 00:30:27  <b>Nummer:</b> 76			
<b>Datum:</b> 16.10.19  <b>Zeit:</b> 20:08:53  <b>Nummer:</b> 77			
<b>Datum:</b> 16.10.19  <b>Zeit:</b> 21:59:55  <b>Nummer:</b> 78			

<b>Datum:</b> 17.10.19  <b>Zeit:</b> 02:38:05  <b>Nummer:</b> 79			
<b>Datum:</b> 17.10.19  <b>Zeit:</b> 19:30:15  <b>Nummer:</b> 80			
<b>Datum:</b> 17.10.19  <b>Zeit:</b> 21:31:18  <b>Nummer:</b> 81			


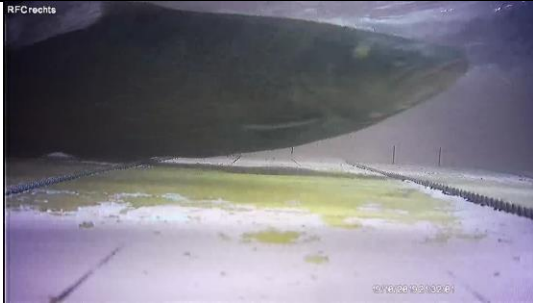


















<b>Datum:</b> 17.10.19  <b>Zeit:</b> 23:00:08  <b>Nummer:</b> 82	 <p>RFC links</p> <p>17/10/2019 23:02:35</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>17/10/2019 23:02:35</p>	 <p>RFC oben</p> <p>17/10/2019 23:02:35</p>
<b>Datum:</b> 18.10.19  <b>Zeit:</b> 02:06:27  <b>Nummer:</b> 83	 <p>RFC links</p> <p>18/10/2019 02:06:55</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>18/10/2019 02:06:55</p>	 <p>RFC oben</p> <p>18/10/2019 02:06:55</p>
<b>Datum:</b> 18.10.19  <b>Zeit:</b> 07:28:28  <b>Nummer:</b> 84	 <p>RFC links</p> <p>18/10/2019 07:36:58</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>18/10/2019 07:36:57</p>	 <p>RFC oben</p> <p>18/10/2019 07:36:57</p>

<b>Datum:</b> 18.10.19  <b>Zeit:</b> 07:43:19  <b>Nummer:</b> 85			
<b>Datum:</b> 18.10.19  <b>Zeit:</b> 21:06:35  <b>Nummer:</b> 86			
<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 02:58:19  <b>Nummer:</b> 87			







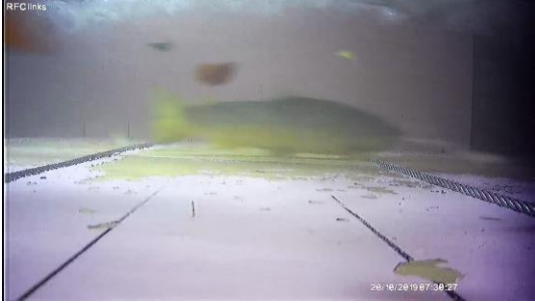


<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 02:58:19  <b>Nummer:</b> 88	 <p>Underwater camera view (RFC links) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 03:00:52' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view (RFC rechts) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 03:00:52' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view (RFC oben) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 03:00:52' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 20:24:56  <b>Nummer:</b> 89	 <p>Underwater camera view (RFC links) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 20:27:33' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view (RFC rechts) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 20:27:33' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view (RFC oben) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 20:27:33' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 20:31:28  <b>Nummer:</b> 90	 <p>Underwater camera view (RFC links) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 20:34:05' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view (RFC rechts) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 20:34:05' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view (RFC oben) showing a fish in a tank. The fish is positioned in the center, facing right. The tank floor is visible, and there are some yellowish patches. A timestamp '19/10/2019 20:34:05' is visible in the bottom right corner.</p>


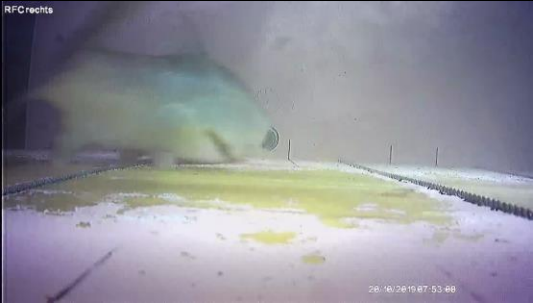









<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 21:29:24  <b>Nummer:</b> 91			
<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 21:55:33  <b>Nummer:</b> 92			
<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 22:05:24  <b>Nummer:</b> 93			








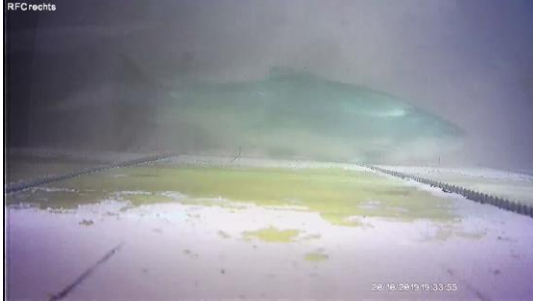

<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 22:44:22  <b>Nummer:</b> 94			
<b>Datum:</b> 19.10.19  <b>Zeit:</b> 23:09:19  <b>Nummer:</b> 95			
<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 01:15:47  <b>Nummer:</b> 96			







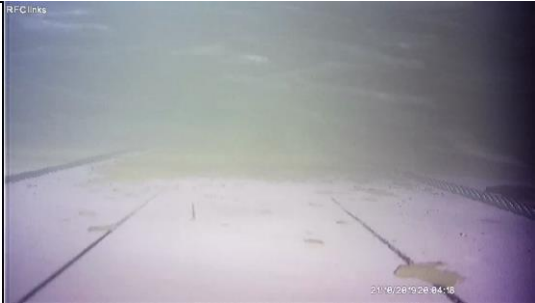




<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 03:28:52  <b>Nummer:</b> 97			
<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 03:28:52  <b>Nummer:</b> 98			
<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 07:27:48  <b>Nummer:</b> 99			





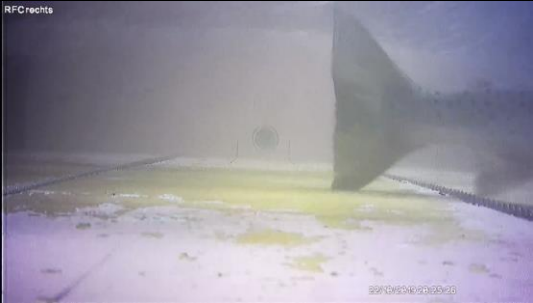

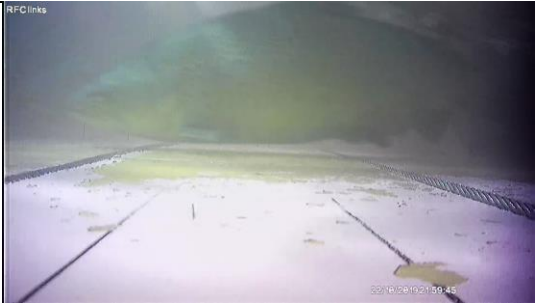
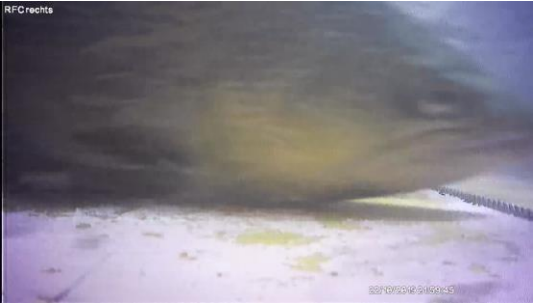

<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 07:50:21  <b>Nummer:</b> 100			
<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 17:03:09  <b>Nummer:</b> 101			
<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 17:20:16  <b>Nummer:</b> 102			





















<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 18:46:23  <b>Nummer:</b> 103	 <p>20/10/2019 18:46:24</p>	 <p>20/10/2019 18:46:24</p>	 <p>20/10/2019 18:46:23</p>
<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 18:46:34  <b>Nummer:</b> 104	 <p>20/10/2019 18:46:34</p>	 <p>20/10/2019 18:46:34</p>	 <p>20/10/2019 18:46:34</p>
<b>Datum:</b> 20.10.19  <b>Zeit:</b> 19:31:14  <b>Nummer:</b> 105	 <p>20/10/2019 19:31:15</p>	 <p>20/10/2019 19:31:15</p>	 <p>20/10/2019 19:31:15</p>

<b>Datum:</b> 21.10.19  <b>Zeit:</b> 02:50:30  <b>Nummer:</b> 106			
<b>Datum:</b> 21.10.19  <b>Zeit:</b> 05:18:33  <b>Nummer:</b> 107			
<b>Datum:</b> 21.10.19  <b>Zeit:</b> 20:01:32  <b>Nummer:</b> 108			







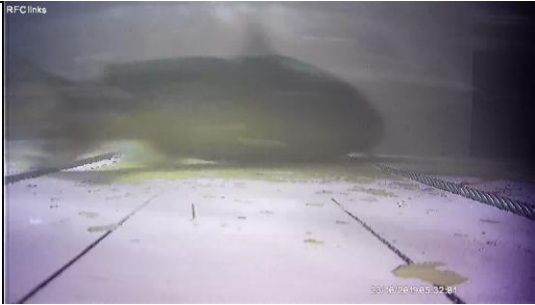
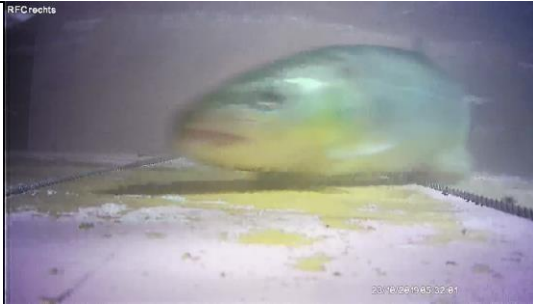












<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 03:32:48  <b>Nummer:</b> 109			
<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 20:22:35  <b>Nummer:</b> 110			
<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 21:56:54  <b>Nummer:</b> 111			







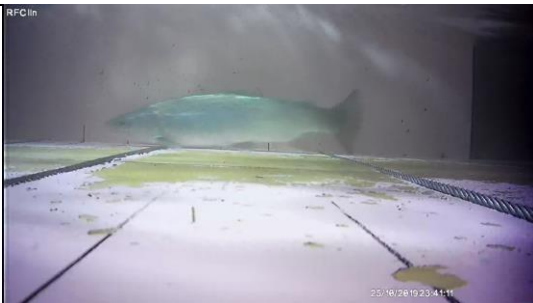

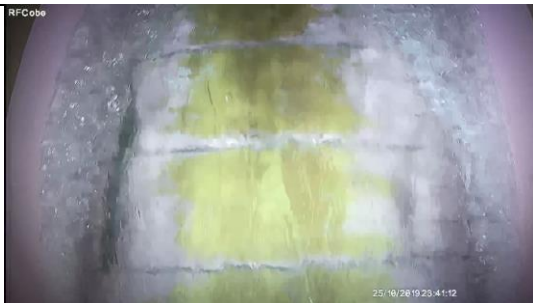
<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 22:10:33  <b>Nummer:</b> 112			
<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 22:32:32  <b>Nummer:</b> 113			
<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 23:09:47  <b>Nummer:</b> 114			

<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 23:22:52  <b>Nummer:</b> 115	 <p>22/10/2019 23:25:43</p>	 <p>22/10/2019 23:25:43</p>	 <p>22/10/2019 23:25:43</p>
<b>Datum:</b> 22.10.19  <b>Zeit:</b> 23:39:09  <b>Nummer:</b> 116	 <p>22/10/2019 23:42:00</p>	 <p>22/10/2019 23:42:00</p>	 <p>22/10/2019 23:42:00</p>
<b>Datum:</b> 23.10.19  <b>Zeit:</b> 00:33:05  <b>Nummer:</b> 117	 <p>23/10/2019 00:35:55</p>	 <p>23/10/2019 00:35:55</p>	 <p>23/10/2019 00:35:55</p>

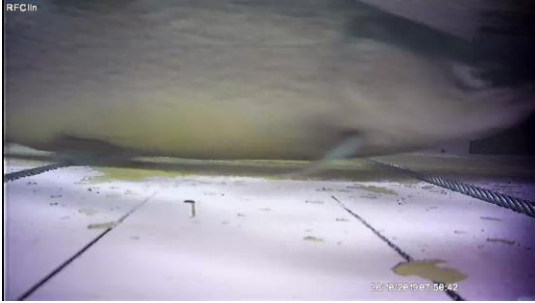



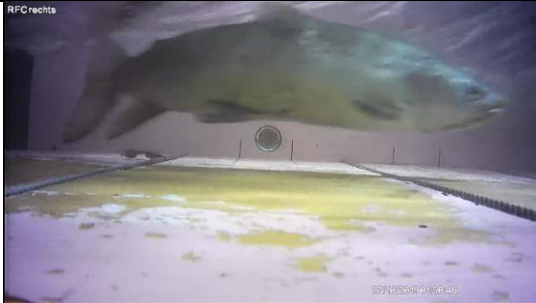



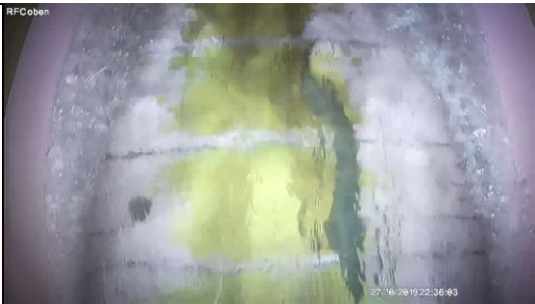











<b>Datum:</b> 23.10.19  <b>Zeit:</b> 00:33:28  <b>Nummer:</b> 118			
<b>Datum:</b> 23.10.19  <b>Zeit:</b> 01:04:55  <b>Nummer:</b> 119			
<b>Datum:</b> 23.10.19  <b>Zeit:</b> 05:29:09  <b>Nummer:</b> 120			

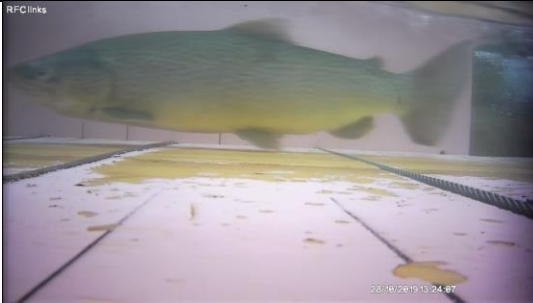





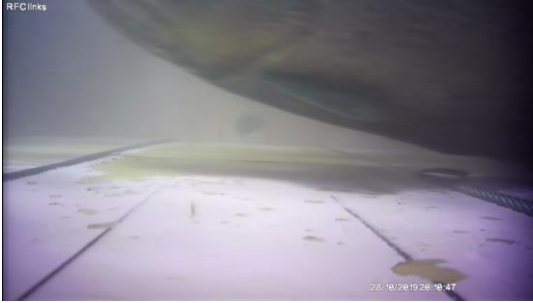
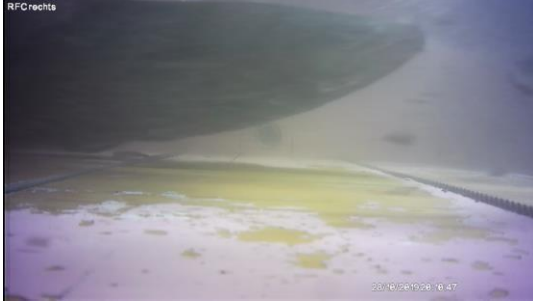

<b>Datum:</b> 23.10.19  <b>Zeit:</b> 19:57:10  <b>Nummer:</b> 121			
<b>Datum:</b> 23.10.19  <b>Zeit:</b> 21:35:36  <b>Nummer:</b> 122			
<b>Datum:</b> 24.10.19  <b>Zeit:</b> 15:12:36  <b>Nummer:</b> 123			

<b>Datum:</b> 24.10.19  <b>Zeit:</b> 19:56:46  <b>Nummer:</b> 124			
<b>Datum:</b> 25.10.19  <b>Zeit:</b> 22:55:15  <b>Nummer:</b> 125			
<b>Datum:</b> 25.10.19  <b>Zeit:</b> 23:41:09  <b>Nummer:</b> 126			






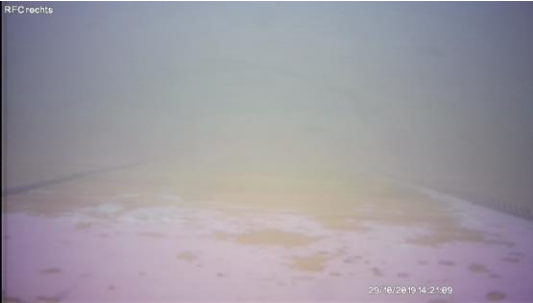



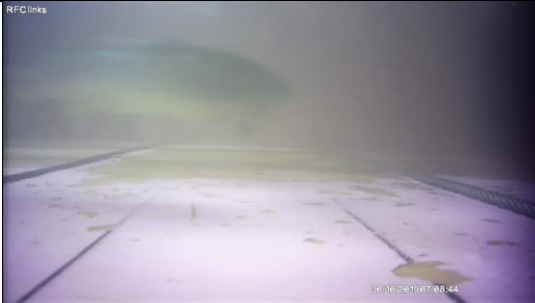


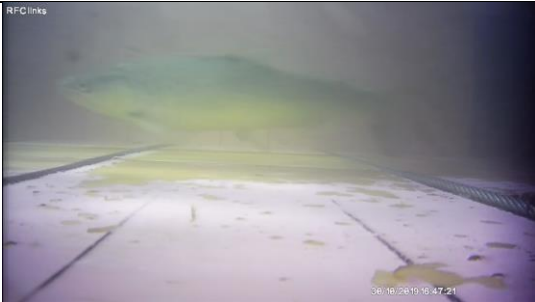
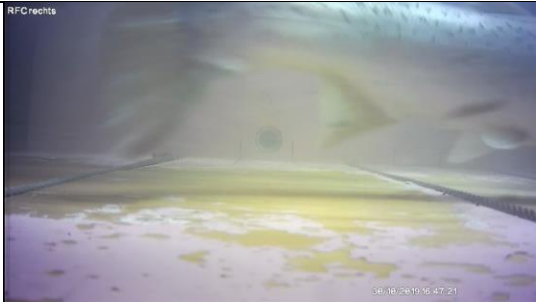

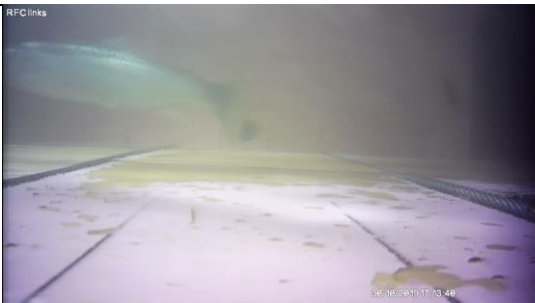
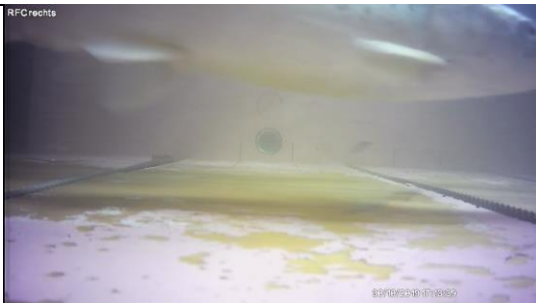

<b>Datum:</b> 26.10.19  <b>Zeit:</b> 07:50:38  <b>Nummer:</b> 127	 RFClin	 RFCrec	 RFCobe
<b>Datum:</b> 27.10.19  <b>Zeit:</b> 01:50:40  <b>Nummer:</b> 128	 RFClink	 RFCrechte	 RFCoben
<b>Datum:</b> 27.10.19  <b>Zeit:</b> 22:35:53  <b>Nummer:</b> 129	 RFClink	 RFCrechte	 RFCoben

<b>Datum:</b> 28.10.19  <b>Zeit:</b> 04:04:14  <b>Nummer:</b> 130			
<b>Datum:</b> 28.10.19  <b>Zeit:</b> 04:18:41  <b>Nummer:</b> 131			
<b>Datum:</b> 28.10.19  <b>Zeit:</b> 04:19:50  <b>Nummer:</b> 132			

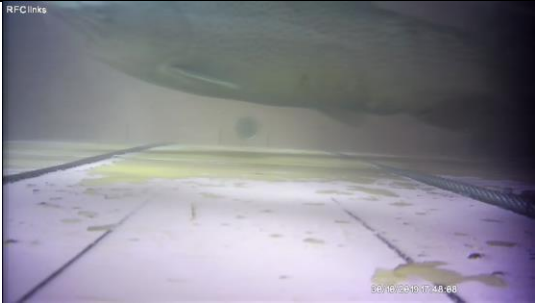


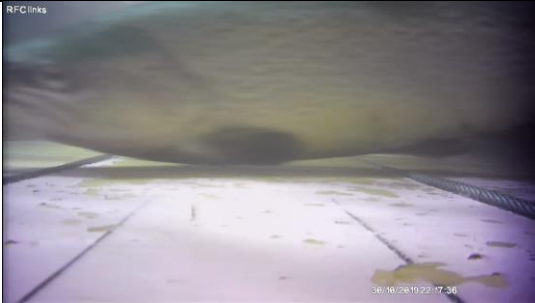


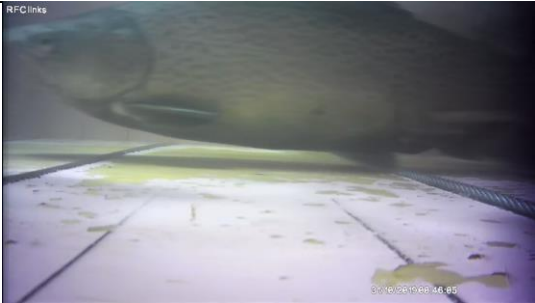
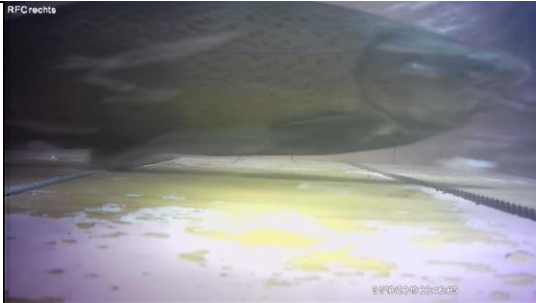

<b>Datum:</b> 28.10.19  <b>Zeit:</b> 13:24:14  <b>Nummer:</b> 133	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 28.10.19  <b>Zeit:</b> 16:43:49  <b>Nummer:</b> 134	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 28.10.19  <b>Zeit:</b> 20:10:53  <b>Nummer:</b> 135	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben





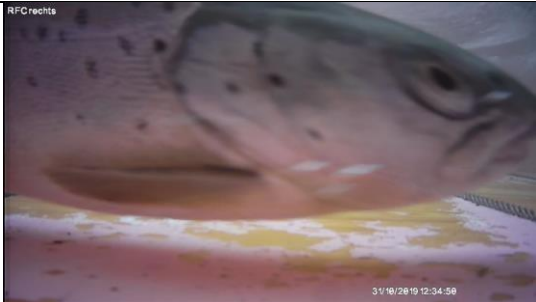


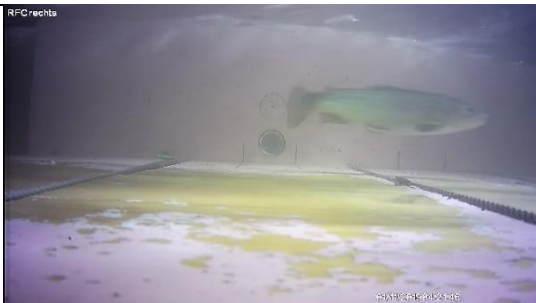












<b>Datum:</b> 29.10.19  <b>Zeit:</b> 10:06:51  <b>Nummer:</b> 136	 <p>RFC links</p> <p>29/10/2019 10:06:48</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>29/10/2019 10:06:48</p>	 <p>RFC oben</p> <p>29/10/2019 10:06:48</p>
<b>Datum:</b> 29.10.19  <b>Zeit:</b> 12:56:08  <b>Nummer:</b> 137	 <p>RFC links</p> <p>29/10/2019 12:56:05</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>29/10/2019 12:56:05</p>	 <p>RFC oben</p> <p>29/10/2019 12:56:05</p>
<b>Datum:</b> 29.10.19  <b>Zeit:</b> 14:21:12  <b>Nummer:</b> 138	 <p>RFC links</p> <p>29/10/2019 14:21:09</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>29/10/2019 14:21:09</p>	 <p>RFC oben</p> <p>29/10/2019 14:21:09</p>

<b>Datum:</b> 30.10.19  <b>Zeit:</b> 07:08:43  <b>Nummer:</b> 139	 <p>Underwater camera view from the left side of a tunnel. A diver is visible in the distance, swimming towards the camera. The water is slightly turbid, and the tunnel walls are visible on either side.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side of a tunnel. A diver is visible in the distance, swimming towards the camera. The water is slightly turbid, and the tunnel walls are visible on either side.</p>	 <p>Underwater camera view from above a diver. The diver is swimming towards the camera, and the water is slightly turbid. The diver's head and shoulders are visible.</p>
<b>Datum:</b> 30.10.19  <b>Zeit:</b> 16:47:19  <b>Nummer:</b> 140	 <p>Underwater camera view from the left side of a tunnel. A diver is visible in the distance, swimming towards the camera. The water is slightly turbid, and the tunnel walls are visible on either side.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side of a tunnel. A diver is visible in the distance, swimming towards the camera. The water is slightly turbid, and the tunnel walls are visible on either side.</p>	 <p>Underwater camera view from above a diver. The diver is swimming towards the camera, and the water is slightly turbid. The diver's head and shoulders are visible.</p>
<b>Datum:</b> 30.10.19  <b>Zeit:</b> 17:13:38  <b>Nummer:</b> 141	 <p>Underwater camera view from the left side of a tunnel. A diver is visible in the distance, swimming towards the camera. The water is slightly turbid, and the tunnel walls are visible on either side.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side of a tunnel. A diver is visible in the distance, swimming towards the camera. The water is slightly turbid, and the tunnel walls are visible on either side.</p>	 <p>Underwater camera view from above a diver. The diver is swimming towards the camera, and the water is slightly turbid. The diver's head and shoulders are visible.</p>

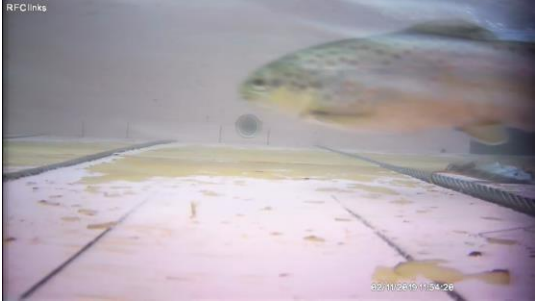










<b>Datum:</b> 30.10.19  <b>Zeit:</b> 17:48:06  <b>Nummer:</b> 142			
<b>Datum:</b> 30.10.19  <b>Zeit:</b> 22:17:32  <b>Nummer:</b> 143			
<b>Datum:</b> 31.10.19  <b>Zeit:</b> 00:46:02  <b>Nummer:</b> 144			


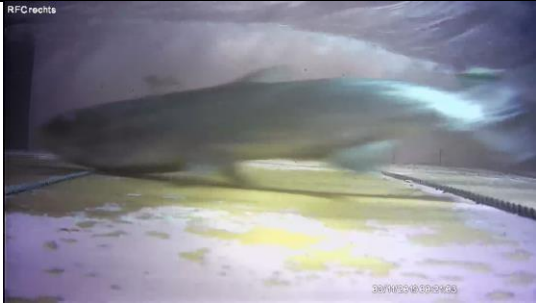







<b>Datum:</b> 31.10.19  <b>Zeit:</b> 04:52:45  <b>Nummer:</b> 145			
<b>Datum:</b> 31.10.19  <b>Zeit:</b> 12:34:44  <b>Nummer:</b> 146			
<b>Datum:</b> 01.11.19  <b>Zeit:</b> 04:21:37  <b>Nummer:</b> 147			





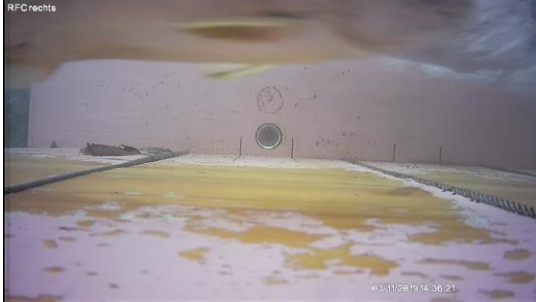




<b>Datum:</b> 01.11.19  <b>Zeit:</b> 07:20:00  <b>Nummer:</b> 148	 <p>RPC links</p> <p>61/11/2819072016</p>	 <p>RPC rechts</p> <p>61/11/2819072016</p>	 <p>RPC oben</p> <p>61/11/2819072016</p>
<b>Datum:</b> 01.11.19  <b>Zeit:</b> 20:44:35  <b>Nummer:</b> 149	 <p>RPC links</p> <p>61/11/2819264447</p>	 <p>RPC rechts</p> <p>61/11/2819264447</p>	 <p>RPC oben</p> <p>61/11/2819264447</p>
<b>Datum:</b> 02.11.19  <b>Zeit:</b> 10:28:43  <b>Nummer:</b> 150	 <p>RPC links</p> <p>62/11/2610162854</p>	 <p>RPC rechts</p> <p>62/11/2610162854</p>	 <p>RPC oben</p> <p>62/11/2610162854</p>






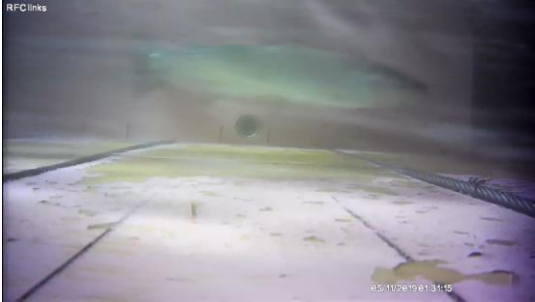



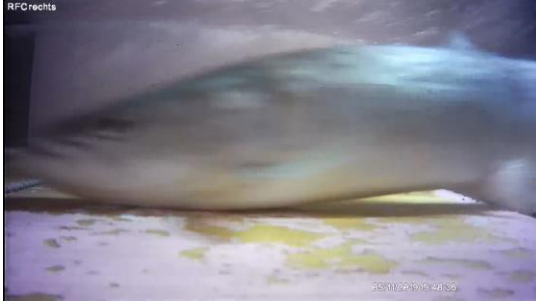

<b>Datum:</b> 02.11.19  <b>Zeit:</b> 11:54:06  <b>Nummer:</b> 151			
<b>Datum:</b> 02.11.19  <b>Zeit:</b> 19:35:25  <b>Nummer:</b> 152			
<b>Datum:</b> 02.11.19  <b>Zeit:</b> 23:55:50  <b>Nummer:</b> 153			

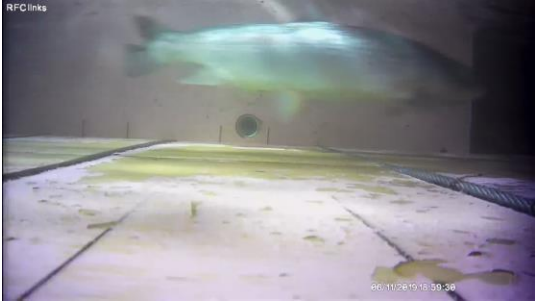










<b>Datum:</b> 03.11.19  <b>Zeit:</b> 00:20:47  <b>Nummer:</b> 154	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 03.11.19  <b>Zeit:</b> 02:29:09  <b>Nummer:</b> 155	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben
<b>Datum:</b> 03.11.19  <b>Zeit:</b> 06:25:19  <b>Nummer:</b> 156	 RFC links	 RFC rechts	 RFC oben

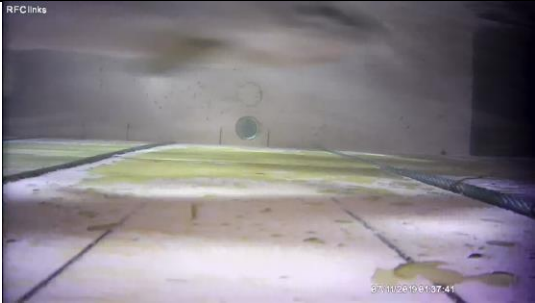





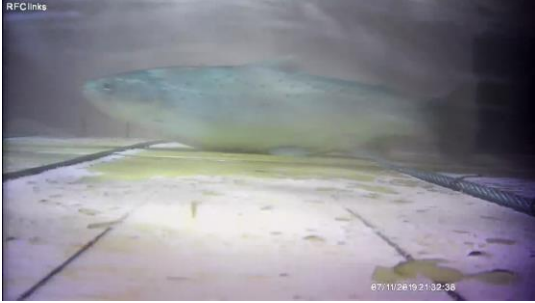


<b>Datum:</b> 03.11.19  <b>Zeit:</b> 06:45:42  <b>Nummer:</b> 157			
<b>Datum:</b> 03.11.19  <b>Zeit:</b> 14:36:03  <b>Nummer:</b> 158			
<b>Datum:</b> 04.11.19  <b>Zeit:</b> 07:06:34  <b>Nummer:</b> 159			







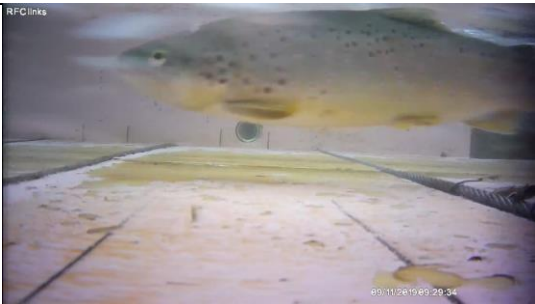




<b>Datum:</b> 04.11.19  <b>Zeit:</b> 17:41:38  <b>Nummer:</b> 160	 <p>Underwater camera view from the left side (RFC links) showing a green object on the seabed. The seabed is covered in sand and some debris. The object is a large, green, oval-shaped structure, possibly a part of a shipwreck or a large container. The water is dark and murky.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side (RFC rechts) showing the same green object on the seabed. The perspective is slightly different, showing more of the surrounding seabed and the object's position relative to the camera.</p>	 <p>Underwater camera view from above (RFCoben) showing the green object on the seabed. The object is centered in the frame, and the surrounding seabed is visible. The water is dark and murky.</p>
<b>Datum:</b> 05.11.19  <b>Zeit:</b> 01:30:49  <b>Nummer:</b> 161	 <p>Underwater camera view from the left side (RFC links) showing the green object on the seabed. The object is a large, green, oval-shaped structure, possibly a part of a shipwreck or a large container. The water is dark and murky.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side (RFC rechts) showing the green object on the seabed. The perspective is slightly different, showing more of the surrounding seabed and the object's position relative to the camera.</p>	 <p>Underwater camera view from above (RFCoben) showing the green object on the seabed. The object is centered in the frame, and the surrounding seabed is visible. The water is dark and murky.</p>
<b>Datum:</b> 05.11.19  <b>Zeit:</b> 19:48:07  <b>Nummer:</b> 162	 <p>Underwater camera view from the left side (RFC links) showing the green object on the seabed. The object is a large, green, oval-shaped structure, possibly a part of a shipwreck or a large container. The water is dark and murky.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side (RFC rechts) showing the green object on the seabed. The perspective is slightly different, showing more of the surrounding seabed and the object's position relative to the camera.</p>	 <p>Underwater camera view from above (RFCoben) showing the green object on the seabed. The object is centered in the frame, and the surrounding seabed is visible. The water is dark and murky.</p>







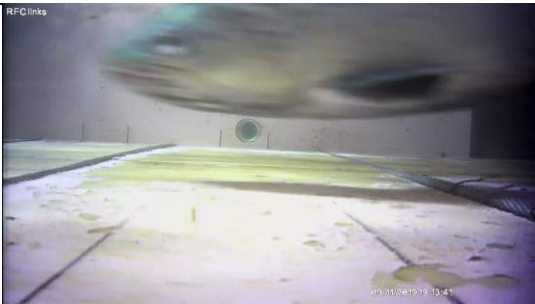


<b>Datum:</b> 06.11.19  <b>Zeit:</b> 18:58:57  <b>Nummer:</b> 163			
<b>Datum:</b> 06.11.19  <b>Zeit:</b> 22:17:06  <b>Nummer:</b> 164			
<b>Datum:</b> 07.11.19  <b>Zeit:</b> 00:53:41  <b>Nummer:</b> 165			







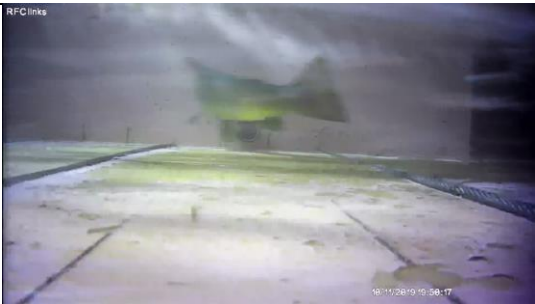
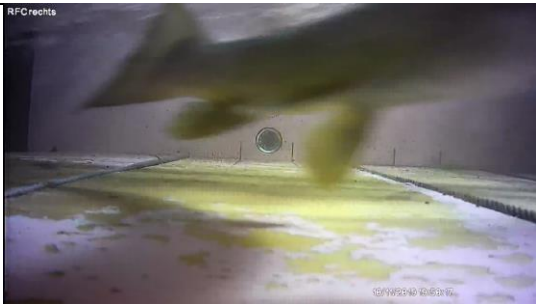



<b>Datum:</b> 07.11.19  <b>Zeit:</b> 01:37:07  <b>Nummer:</b> 166			
<b>Datum:</b> 07.11.19  <b>Zeit:</b> 06:32:23  <b>Nummer:</b> 167			
<b>Datum:</b> 07.11.19  <b>Zeit:</b> 21:32:01  <b>Nummer:</b> 168			

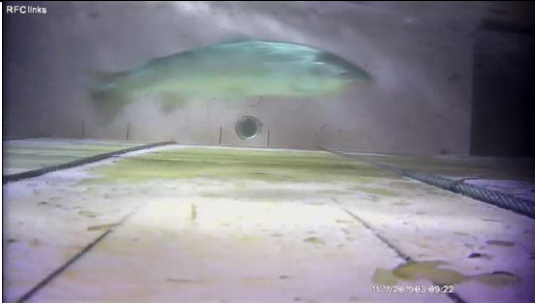





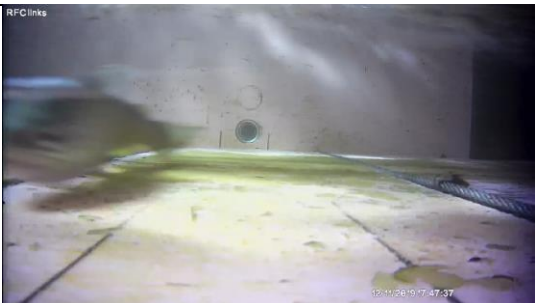


<b>Datum:</b> 08.11.19  <b>Zeit:</b> 03:23:52  <b>Nummer:</b> 169	 <p>RFC links</p> <p>08.11.2019 03:24:31</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>08.11.2019 03:24:31</p>	 <p>RFC oben</p> <p>08.11.2019 03:24:30</p>
<b>Datum:</b> 09.11.19  <b>Zeit:</b> 05:43:29  <b>Nummer:</b> 170	 <p>RFC links</p> <p>09.11.2019 05:44:12</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>09.11.2019 05:44:12</p>	 <p>RFC oben</p> <p>09.11.2019 05:44:12</p>
<b>Datum:</b> 09.11.19  <b>Zeit:</b> 09:28:50  <b>Nummer:</b> 171	 <p>RFC links</p> <p>09.11.2019 09:29:34</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>09.11.2019 09:29:34</p>	 <p>RFC oben</p> <p>09.11.2019 09:29:34</p>












<p><b>Datum:</b> 09.11.19</p> <p><b>Zeit:</b> 12:45:42</p> <p><b>Nummer:</b> 172</p>			
<p><b>Datum:</b> 09.11.19</p> <p><b>Zeit:</b> 13:32:29</p> <p><b>Nummer:</b> 173</p>			
<p><b>Datum:</b> 09.11.19</p> <p><b>Zeit:</b> 19:12:54</p> <p><b>Nummer:</b> 174</p>			

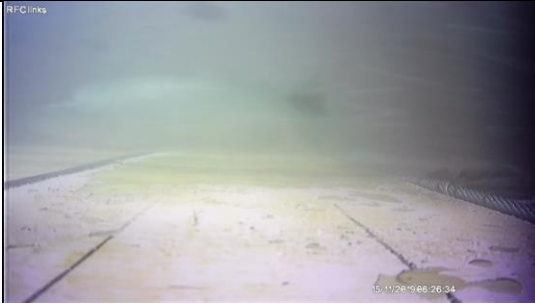


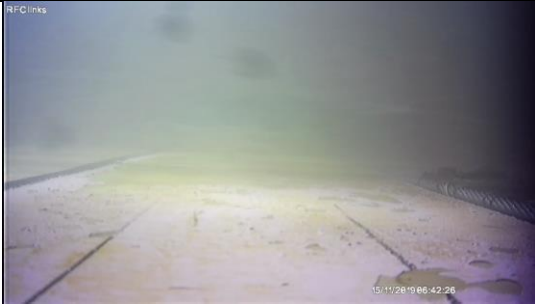





<b>Datum:</b> 09.11.19  <b>Zeit:</b> 22:28:00  <b>Nummer:</b> 175			
<b>Datum:</b> 10.11.19  <b>Zeit:</b> 18:03:27  <b>Nummer:</b> 176			
<b>Datum:</b> 10.11.19  <b>Zeit:</b> 19:49:26  <b>Nummer:</b> 177			












<b>Datum:</b> 11.11.19  <b>Zeit:</b> 03:08:30  <b>Nummer:</b> 178	 <p>11/11/2019 03:08:22</p>	 <p>11/11/2019 03:08:22</p>	 <p>11/11/2019 03:08:22</p>
<b>Datum:</b> 12.11.19  <b>Zeit:</b> 03:45:52  <b>Nummer:</b> 179	 <p>12/11/2019 03:45:49</p>	 <p>12/11/2019 03:45:49</p>	 <p>12/11/2019 03:45:49</p>
<b>Datum:</b> 12.11.19  <b>Zeit:</b> 17:46:38  <b>Nummer:</b> 180	 <p>12/11/2019 17:47:37</p>	 <p>12/11/2019 17:47:37</p>	 <p>12/11/2019 17:47:37</p>

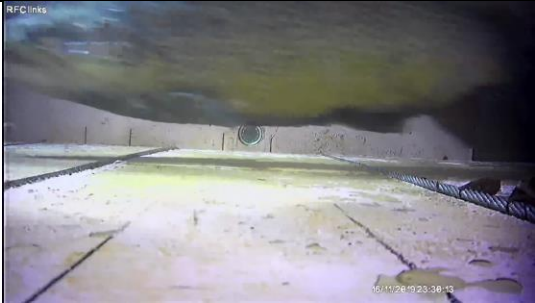








<b>Datum:</b> 14.11.19  <b>Zeit:</b> 00:31:22  <b>Nummer:</b> 181	<small>RFClinks</small>  <small>14/11/2019 00:32:26</small>	<small>RFCrechts</small>  <small>14/11/2019 00:32:26</small>	<small>RFCoben</small>  <small>14/11/2019 00:32:27</small>
<b>Datum:</b> 14.11.19  <b>Zeit:</b> 21:26:39  <b>Nummer:</b> 182	<small>RFClinks</small>  <small>14/11/2019 21:27:47</small>	<small>RFCrechts</small>  <small>14/11/2019 21:27:47</small>	<small>RFCoben</small>  <small>14/11/2019 21:27:47</small>
<b>Datum:</b> 14.11.19  <b>Zeit:</b> 22:23:33  <b>Nummer:</b> 183	<small>RFClinks</small>  <small>14/11/2019 22:24:41</small>	<small>RFCrechts</small>  <small>14/11/2019 22:24:41</small>	<small>RFCoben</small>  <small>14/11/2019 22:24:42</small>












<b>Datum:</b> 15.11.19  <b>Zeit:</b> 06:25:23  <b>Nummer:</b> 184	 RFClinks 15/11/2019 06:26:34	 RFCrechte 15/11/2019 06:26:33	 RFCoben 15/11/2019 06:26:34
<b>Datum:</b> 15.11.19  <b>Zeit:</b> 06:41:16  <b>Nummer:</b> 185	 RFClinks 15/11/2019 06:42:26	 RFCrechte 15/11/2019 06:42:26	 RFCoben 15/11/2019 06:42:26
<b>Datum:</b> 15.11.19  <b>Zeit:</b> 18:41:31  <b>Nummer:</b> 186	 RFClinks 15/11/2019 18:42:42	 RFCrechte 15/11/2019 18:42:42	 RFCoben 15/11/2019 18:42:43










<b>Datum:</b> 15.11.19  <b>Zeit:</b> 23:49:24  <b>Nummer:</b> 187	 <p>Underwater camera view from the left side of a tunnel. A diver is visible in the distance, illuminated by a bright light. The tunnel walls are concrete, and the floor is covered with a yellowish substance. The timestamp 15/11/2019 23:50:38 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side of a tunnel. A diver is visible in the distance, illuminated by a bright light. The tunnel walls are concrete, and the floor is covered with a yellowish substance. The timestamp 15/11/2019 23:50:38 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view from above a diver in a tunnel. The diver is illuminated by a bright light, and the tunnel walls are visible. The timestamp 15/11/2019 23:50:38 is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 16.11.19  <b>Zeit:</b> 01:48:05  <b>Nummer:</b> 188	 <p>Underwater camera view from the left side of a tunnel. A diver is visible in the distance, illuminated by a bright light. The tunnel walls are concrete, and the floor is covered with a yellowish substance. The timestamp 16/11/2019 01:49:28 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side of a tunnel. A diver is visible in the distance, illuminated by a bright light. The tunnel walls are concrete, and the floor is covered with a yellowish substance. The timestamp 16/11/2019 01:49:28 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view from above a diver in a tunnel. The diver is illuminated by a bright light, and the tunnel walls are visible. The timestamp 16/11/2019 01:49:19 is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 16.11.19  <b>Zeit:</b> 06:43:07  <b>Nummer:</b> 189	 <p>Underwater camera view from the left side of a tunnel. A diver is visible in the distance, illuminated by a bright light. The tunnel walls are concrete, and the floor is covered with a yellowish substance. The timestamp 16/11/2019 06:44:22 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view from the right side of a tunnel. A diver is visible in the distance, illuminated by a bright light. The tunnel walls are concrete, and the floor is covered with a yellowish substance. The timestamp 16/11/2019 06:44:22 is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view from above a diver in a tunnel. The diver is illuminated by a bright light, and the tunnel walls are visible. The timestamp 16/11/2019 06:44:22 is visible in the bottom right corner.</p>












<b>Datum:</b> 16.11.19  <b>Zeit:</b> 23:28:55  <b>Nummer:</b> 190			
<b>Datum:</b> 17.11.19  <b>Zeit:</b> 01:56:00  <b>Nummer:</b> 191			
<b>Datum:</b> 17.11.19  <b>Zeit:</b> 02:06:37  <b>Nummer:</b> 192			







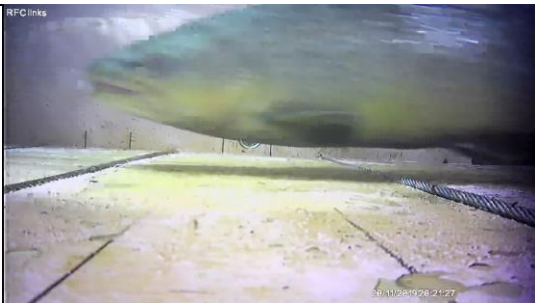


<b>Datum:</b> 17.11.19  <b>Zeit:</b> 22:06:28  <b>Nummer:</b> 193			
<b>Datum:</b> 17.11.19  <b>Zeit:</b> 23:17:21  <b>Nummer:</b> 194			
<b>Datum:</b> 18.11.19  <b>Zeit:</b> 00:33:43  <b>Nummer:</b> 195			

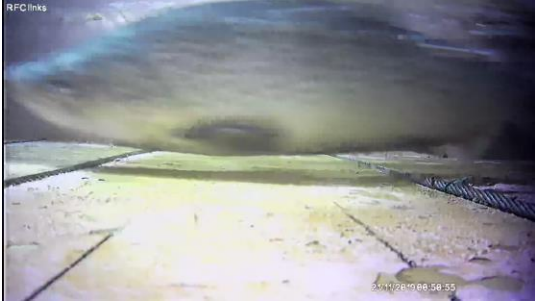










<b>Datum:</b> 18.11.19  <b>Zeit:</b> 06:50:28  <b>Nummer:</b> 196			
<b>Datum:</b> 18.11.19  <b>Zeit:</b> 07:05:14  <b>Nummer:</b> 197			
<b>Datum:</b> 18.11.19  <b>Zeit:</b> 19:32:38  <b>Nummer:</b> 198			







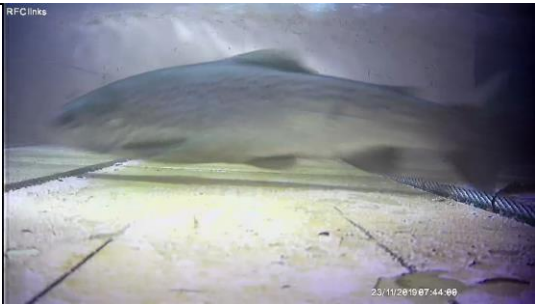
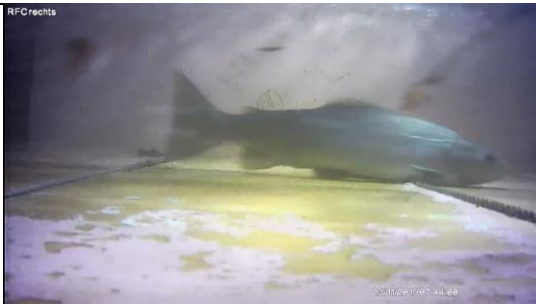

<b>Datum:</b> 19.11.19  <b>Zeit:</b> 02:52:52  <b>Nummer:</b> 199	 <p>19/11/2019 02:54:28</p>	 <p>19/11/2019 02:54:28</p>	 <p>19/11/2019 02:54:28</p>
<b>Datum:</b> 19.11.19  <b>Zeit:</b> 19:16:23  <b>Nummer:</b> 200	 <p>19/11/2019 19:17:53</p>	 <p>19/11/2019 19:17:53</p>	 <p>19/11/2019 19:17:53</p>
<b>Datum:</b> 19.11.19  <b>Zeit:</b> 23:25:59  <b>Nummer:</b> 201	 <p>19/11/2019 23:27:38</p>	 <p>19/11/2019 23:27:38</p>	 <p>19/11/2019 23:27:38</p>












<b>Datum:</b> 20.11.19  <b>Zeit:</b> 03:34:07  <b>Nummer:</b> 202			
<b>Datum:</b> 20.11.19  <b>Zeit:</b> 07:23:29  <b>Nummer:</b> 203			
<b>Datum:</b> 20.11.19  <b>Zeit:</b> 20:19:51  <b>Nummer:</b> 204			










<b>Datum:</b> 21.11.19  <b>Zeit:</b> 00:49:19  <b>Nummer:</b> 205			
<b>Datum:</b> 21.11.19  <b>Zeit:</b> 03:04:06  <b>Nummer:</b> 206			
<b>Datum:</b> 21.11.19  <b>Zeit:</b> 19:13:02  <b>Nummer:</b> 207			












<b>Datum:</b> 22.11.19  <b>Zeit:</b> 05:15:55  <b>Nummer:</b> 208			
<b>Datum:</b> 22.11.19  <b>Zeit:</b> 20:19:01  <b>Nummer:</b> 209			
<b>Datum:</b> 23.11.19  <b>Zeit:</b> 07:42:14  <b>Nummer:</b> 210			





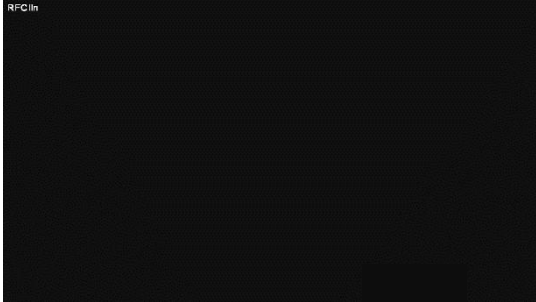




<b>Datum:</b> 23.11.19	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 09:26:43' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 09:26:43' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 09:26:43' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 23.11.19	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 16:48:52' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 16:48:52' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 16:48:52' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 23.11.19	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 18:49:47' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 18:49:47' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater video frame showing a diver's perspective looking towards a large, curved structure, possibly a tunnel or ship hull. The water is murky and yellowish. A timestamp '23.11.2019 18:49:47' is visible in the bottom right corner.</p>





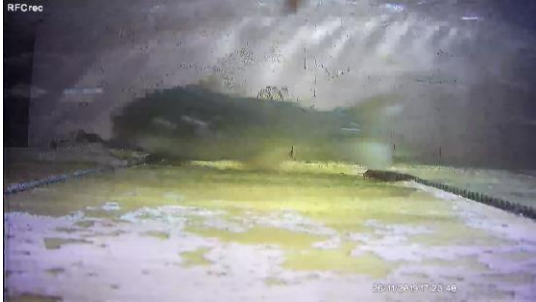






<b>Datum:</b> 24.11.19			
<b>Zeit:</b> 19:08:16			
<b>Nummer:</b> 214			
<b>Datum:</b> 24.11.19			
<b>Zeit:</b> 19:08:18			
<b>Nummer:</b> 215			
<b>Datum:</b> 24.11.19			
<b>Zeit:</b> 23:40:39			
<b>Nummer:</b> 216			










<b>Datum:</b> 25.11.19  <b>Zeit:</b> 00:41:34  <b>Nummer:</b> 217	 <p>25.11.2019 00:43:28</p>	 <p>25.11.2019 00:43:28</p>	 <p>25.11.2019 00:43:28</p>
<b>Datum:</b> 25.11.19  <b>Zeit:</b> 00:41:35  <b>Nummer:</b> 218	 <p>25.11.2019 00:43:29</p>	 <p>25.11.2019 00:43:29</p>	 <p>25.11.2019 00:43:29</p>
<b>Datum:</b> 25.11.19  <b>Zeit:</b> 06:35:19  <b>Nummer:</b> 219	 <p>25.11.2019 06:37:14</p>	 <p>25.11.2019 06:37:14</p>	 <p>25.11.2019 06:37:14</p>












<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 04:03:12  <b>Nummer:</b> 220			
<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 08:19:03  <b>Nummer:</b> 221			
<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 12:18:44  <b>Nummer:</b> 222			










<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 17:20:30  <b>Nummer:</b> 223	 <p>RFClink</p> <p>26/11/2019 17:21:03</p>	 <p>RFCrec</p> <p>26/11/2019 17:21:03</p>	 <p>RFCc006</p> <p>26/11/2019 17:21:11</p>
<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 17:22:58  <b>Nummer:</b> 224	 <p>RFClink</p> <p>26/11/2019 17:23:37</p>	 <p>RFCrec</p> <p>26/11/2019 17:23:46</p>	 <p>RFCc006</p> <p>26/11/2019 17:23:46</p>
<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 18:46:21  <b>Nummer:</b> 225	 <p>RFClink</p> <p>26/11/2019 18:47:02</p>	 <p>RFCrec</p> <p>26/11/2019 18:47:02</p>	 <p>RFCc006</p> <p>26/11/2019 18:47:01</p>







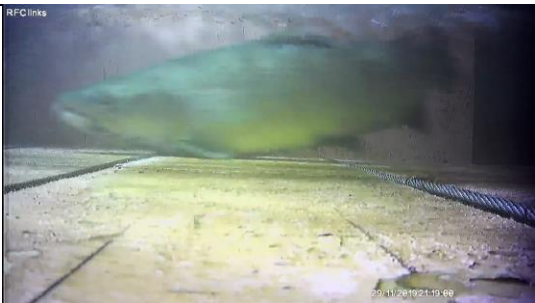




<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 18:54:26  <b>Nummer:</b> 226			
<b>Datum:</b> 26.11.19  <b>Zeit:</b> 19:29:05  <b>Nummer:</b> 227			
<b>Datum:</b> 27.11.19  <b>Zeit:</b> 01:26:48  <b>Nummer:</b> 228			




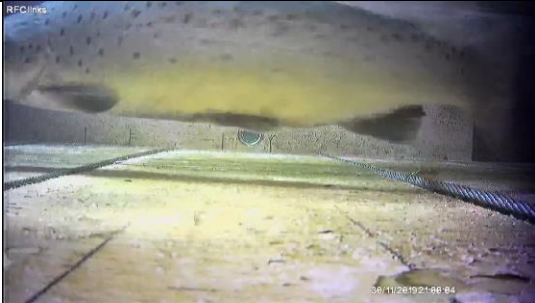





<b>Datum:</b> 27.11.19  <b>Zeit:</b> 02:06:06  <b>Nummer:</b> 229			
<b>Datum:</b> 27.11.19  <b>Zeit:</b> 02:55:20  <b>Nummer:</b> 230			
<b>Datum:</b> 27.11.19  <b>Zeit:</b> 03:07:07  <b>Nummer:</b> 231			












<b>Datum:</b> 27.11.19			
<b>Datum:</b> 28.11.19			
<b>Datum:</b> 29.11.19			










<b>Datum:</b> 29.11.19  <b>Zeit:</b> 01:16:45  <b>Nummer:</b> 235			
<b>Datum:</b> 29.11.19  <b>Zeit:</b> 01:17:59  <b>Nummer:</b> 236			
<b>Datum:</b> 29.11.19  <b>Zeit:</b> 21:18:09  <b>Nummer:</b> 237			












<b>Datum:</b> 29.11.19  <b>Zeit:</b> 21:46:44  <b>Nummer:</b> 238	 <p>29/11/2019 21:47:35</p>	 <p>29/11/2019 21:47:35</p>	 <p>29/11/2019 21:47:35</p>
<b>Datum:</b> 30.11.19  <b>Zeit:</b> 20:59:11  <b>Nummer:</b> 239	 <p>30/11/2019 21:00:04</p>	 <p>30/11/2019 21:00:04</p>	 <p>30/11/2019 21:00:04</p>
<b>Datum:</b> 30.11.19  <b>Zeit:</b> 22:04:51  <b>Nummer:</b> 240	 <p>30/11/2019 22:05:45</p>	 <p>30/11/2019 22:05:45</p>	 <p>30/11/2019 22:05:45</p>










<b>Datum:</b> 02.12.19  <b>Zeit:</b> 03:42:26  <b>Nummer:</b> 241			
<b>Datum:</b> 02.12.19  <b>Zeit:</b> 04:05:57  <b>Nummer:</b> 242			
<b>Datum:</b> 02.12.19  <b>Zeit:</b> 18:12:06  <b>Nummer:</b> 243			












<b>Datum:</b> 04.12.19  <b>Zeit:</b> 21:36:40  <b>Nummer:</b> 244	 <p>Underwater camera view RFClinks showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from the side, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '04.12.2019 21:37:49' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view RFCrechts showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from the side, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '04.12.2019 21:37:49' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view RFCoben showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from above, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '04.12.2019 21:37:49' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 08.12.19  <b>Zeit:</b> 19:57:11  <b>Nummer:</b> 245	 <p>Underwater camera view RFClinks showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from the side, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '08.12.2019 19:58:32' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view RFCrechts showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from the side, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '08.12.2019 19:58:32' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view RFCoben showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from above, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '08.12.2019 19:58:32' is visible in the bottom right corner.</p>
<b>Datum:</b> 08.12.19  <b>Zeit:</b> 22:40:30  <b>Nummer:</b> 246	 <p>Underwater camera view RFClinks showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from the side, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '08.12.2019 22:41:52' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view RFCrechts showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from the side, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '08.12.2019 22:41:52' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>Underwater camera view RFCoben showing a fish swimming in a tank. The fish is seen from above, moving towards the right. The tank floor is covered with a greenish-brown sediment. A timestamp '08.12.2019 22:41:52' is visible in the bottom right corner.</p>










<b>Datum:</b> 08.12.19  <b>Zeit:</b> 22:59:40  <b>Nummer:</b> 247	 <p>RFC links</p> <p>08.12.2019 23:01:02</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>08.12.2019 23:01:02</p>	 <p>RFC oben</p> <p>08.12.2019 23:01:02</p>
<b>Datum:</b> 09.12.19  <b>Zeit:</b> 15:32:03  <b>Nummer:</b> 248	 <p>RFC links</p> <p>09.12.2019 15:33:25</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>09.12.2019 15:33:25</p>	 <p>RFC oben</p> <p>09.12.2019 15:33:25</p>
<b>Datum:</b> 09.12.19  <b>Zeit:</b> 22:31:12  <b>Nummer:</b> 249	 <p>RFC links</p> <p>09.12.2019 22:32:37</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>09.12.2019 22:32:37</p>	 <p>RFC oben</p> <p>09.12.2019 22:32:37</p>












<b>Datum:</b> 13.12.19  <b>Zeit:</b> 03:45:21  <b>Nummer:</b> 250	 <p>RFC links</p>	 <p>RFC rechts</p>	 <p>RFC oben</p>
<b>Datum:</b> 13.12.19  <b>Zeit:</b> 21:10:15  <b>Nummer:</b> 251	 <p>RFC links</p>	 <p>RFC rechts</p>	 <p>RFC oben</p>
<b>Datum:</b> 14.12.19  <b>Zeit:</b> 03:29:29  <b>Nummer:</b> 252	 <p>RFC links</p>	 <p>RFC rechts</p>	 <p>RFC oben</p>










<b>Datum:</b> 15.12.19  <b>Zeit:</b> 03:05:14  <b>Nummer:</b> 253	 <p>15.12.2019 03:05:14</p>	 <p>15.12.2019 03:05:14</p>	 <p>15.12.2019 03:05:14</p>
<b>Datum:</b> 15.12.19  <b>Zeit:</b> 16:39:57  <b>Nummer:</b> 254	 <p>15.12.2019 16:39:57</p>	 <p>15.12.2019 16:39:57</p>	 <p>15.12.2019 16:39:57</p>
<b>Datum:</b> 16.12.19  <b>Zeit:</b> 04:12:14  <b>Nummer:</b> 255	 <p>16.12.2019 04:12:14</p>	 <p>16.12.2019 04:12:14</p>	 <p>16.12.2019 04:12:14</p>












<b>Datum:</b> 17.12.19  <b>Zeit:</b> 04:24:57  <b>Nummer:</b> 256			
<b>Datum:</b> 19.12.19  <b>Zeit:</b> 02:41:33  <b>Nummer:</b> 257			
<b>Datum:</b> 20.12.19  <b>Zeit:</b> 07:24:56  <b>Nummer:</b> 258			







<b>Datum:</b> 20.12.19  <b>Zeit:</b> 07:32:08  <b>Nummer:</b> 259			
<b>Datum:</b> 20.12.19  <b>Zeit:</b> 07:46:40  <b>Nummer:</b> 260			
<b>Datum:</b> 20.12.19  <b>Zeit:</b> 13:25:41  <b>Nummer:</b> 261			



<b>Datum:</b> 23.12.19  <b>Zeit:</b> 22:10:25  <b>Nummer:</b> 262			
<b>Datum:</b> 24.12.19  <b>Zeit:</b> 04:58:38  <b>Nummer:</b> 263			
<b>Datum:</b> 24.12.19  <b>Zeit:</b> 20:12:43  <b>Nummer:</b> 264			

<b>Datum:</b> 25.12.19  <b>Zeit:</b> 18:21:37  <b>Nummer:</b> 265			
<b>Datum:</b> 27.12.19  <b>Zeit:</b> 19:28:57  <b>Nummer:</b> 266			
<b>Datum:</b> 30.12.19  <b>Zeit:</b> 02:39:27  <b>Nummer:</b> 267			



<p><b>Datum:</b> 30.12.19</p> <p><b>Zeit:</b> 06:10:42</p> <p><b>Nummer:</b> 268</p>	 <p>RFC links</p> <p>30/12/2019 06:12:36</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>30/12/2019 06:12:36</p>	 <p>RFC oben</p> <p>30/12/2019 06:12:36</p>
<p><b>Datum:</b> 30.12.19</p> <p><b>Zeit:</b> 19:29:52</p> <p><b>Nummer:</b> 269</p>	 <p>RFC links</p> <p>30/12/2019 19:31:49</p>	 <p>RFC rechts</p> <p>30/12/2019 19:31:49</p>	 <p>RFC oben</p> <p>30/12/2019 19:31:49</p>



**Anhang VII – Plagiatserklärung und Einwilligung zur Veröffentlichung**



## N-AA-Abfassung studentischer Arbeiten

### Anhang 6

Beispiel: Masterarbeit (gilt für alle studentischen Arbeiten)

Erklärung betreffend das selbstständige Verfassen einer Masterarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Masterarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Masterarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Unterschrift:

Greppen, 23.05.2020

(Gilt nur für Bachelor- und Masterarbeiten)

Erklärung betreffend Einwilligung zur elektronischen Veröffentlichung einer Masterarbeit auf der ZHAW Digitalcollection

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Arbeit elektronisch gespeichert und in der ZHAW Digitalcollection der ZHAW Hochschulbibliothek öffentlich zugänglich gemacht wird. Das Recht, die Arbeit an anderer Stelle zu veröffentlichen, wird durch diese Erklärung grundsätzlich nicht berührt. Ich bin damit einverstanden, dass die Arbeit, namentlich zum Zweck der Archivierung, in andere Dateiformate konvertiert oder anderweitig technisch verändert wird.

Ich versichere, dass der Veröffentlichung der Arbeit keine Rechte Dritter, insbesondere in Bezug auf im Werk enthaltenen Abbildungen, entgegenstehen.

Ort, Datum:

Unterschrift:

Greppen, 23.05.2020

Fortsetzung Anhang 6 nächste Seite - Bitte ausfüllen.

Fortsetzung Anhang 6

Titel der Arbeit: Wirkung von abiotischen Faktoren auf das Wanderverhalten von Seeforellen  
beim Laichaufstieg und Laichabstieg im Fliessgewässer Hasliaare

Name der/des Studierenden: Greter Rafael

Name der/des 1. Korrigierenden: Döring Michael

Welche Schlagwörter schlagen Sie für die öffentliche online Suche vor?

Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*)      Fischeuf- und Abstieg      Brown Trout  
Fischzählanlage      Laichmigration      biologische Wirkungskontrolle  
Videomonitoring      Resistivity Fish Counter      Ethohydraulik

Das Original dieses Formulars ist bei allen abgegebenen Masterarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.

Masterstudiengang ENR:

Im Masterstudiengang ENR erfolgt die Abgabe der Abschlussarbeit sowie die Erklärung betreffend Einwilligung zur elektronischen Veröffentlichung einer Masterarbeit auf der ZHAW Digitalcollection direkt in Complesis.

Die Erklärung betreffend das selbstständige Verfassen einer studentischen Arbeit im Departement Life Sciences und Facility Management muss jedoch in Papierform abgegeben werden. Die Selbstständigkeitserklärung wird nicht über Complesis abgefragt.

(ersetzt Vorgängerdokument W235-08)

Erlassverantwortliche/-r		Leiter/in Stabsbereich Studium		Ablageort	2.05.00 Lehre Studium
Beschlussinstanz		Leiter/in Stab		Publikationsort	Public
Genehmigungsinstanz					
Version	Beschluss	Beschlussinstanz	Inkrafttreten	Beschreibung Änderung	
1.0.0	20.03.2017	Leiter/in Stab	20.03.2017	Anpassung Layout und ZHAW Digitalcollection	
2.0.0	05.09.2018	Leiter/in Stab	06.09.2017	Inhaltliche Anpassungen, Ergänzung Msc ENR	
2.1.0	05.09.2018	Leiter/in Stab	06.09.2018	Datum Inkrafttreten von 2017 auf 2018 korrigiert.	